



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
NICARAGUA,  
MANAGUA

UNAN - MANAGUA

**RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA**

SEMINARIO DE GRADUACIÓN  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO GEÓLOGO

**“Caracterización geológica-geotécnica del tramo I de la  
carretera Comején-Waslala” (Matagalpa-RACN)**

**ELABORADO POR**

Br. Luis Miguel Acuña Chavarría.

Br. Carlos Everth García Muñoz.

**TUTOR**

MSc. Gema Velásquez E.

**ASESOR**

MSc. Horacio Ulloa.

Managua, Diciembre del 2017

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a **Dios**, a mi **madre** y **hermana**, por formar parte importante en mi vida.

A mi tutora **MSc. Gema Velázquez Flores**, por su apoyo y estar siempre accesible a lo largo de este estudio.

A mi asesor **MSc. Horacio Ulloa** por sus orientaciones y disponibilidad a lo largo de este trabajo de tesis.

Agradezco especialmente a la **Ing. Gloria Pérez Espinoza** por su apoyo en el área personal, profesional y académica.

Agradezco a **MSc. Francisco Espinoza** por la oportunidad y confianza dada en el área profesional.

A mi compañero de trabajo de tesis **Carlos Everth** por su buen trabajo y colaboración en la redacción del mismo.

Agradezco a todas aquellas amistadas que conocí a lo largo de mi preparación académica; **Norman Castillo, Yasser Pérez, Camilo Ferreyra, Genner Ruiz y Grabiél Gómez.**

**Luis Acuña Chavarría**

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a **Dios**, a mi **madre, hijo y hermanos**, por formar parte importante en mi vida.

A Monseñor Jean-**Paul Gobel** Nuncio Apostólico, por su apoyo incondicional, por todos sus consejos y comprensión a lo largo de mi carrera.

A mi tutora **MSc. Gema Velázquez Flores**, por su apoyo y estar siempre accesible a lo largo de este estudio.

A mi asesor **MSc. Horacio Ulloa** por sus orientaciones y disponibilidad a lo largo de este trabajo de tesis.

Agradezco al **Ing. Jack Tapia** y a mi compañero de trabajo de tesis **Luis Acuña** por su trabajo y colaboración en la redacción del mismo.

Agradezco a todas aquellas amistades que me animaron a Seguir adelante y que de una u otra forma me brindaron su mano, mis queridos amigos; **Erick Hurtado**, **Ariel Argucia** y **Luis Acuña**.

**Carlos Everth García**

## DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis es dedicado primeramente a ***Dios***, a mi madre ***Milagros del Socorro Chavarría Romero*** con todo el corazón y cariño, quien me ha apoyado incondicionalmente en todas las fases de mi preparación personal y académica, a mi hermana ***Kristel Tanieska Chavarría*** y a mi prima ***Blanca José Chavarría*** por su querer.

**Luis Acuña Chavarría**



## DEDICATORIA

El presente trabajo de tesis es dedicado primeramente a mi **Dios**, a mi mentor **Jean-Paul Gobel** quien me ha apoyado incondicionalmente en toda las fases de preparación personal y académica universitaria, a mi madre **Yadira Muñoz**, a mis hermanos **Manuel Gracia** y **Vilma García** y a mi hijo **Carlos Santiago** por su amor.

**Carlos Everth García**

## RESUMEN

Se realizó la “Caracterización geológica-geotécnica del tramo I de la carretera Comején-Waslala.” (Matagalpa-RACN), la cual tiene una longitud 31.3 km de la carretera Nic.05, localizada entre Rancho Grande municipio del departamento de Matagalpa y Waslala municipio de la Región Autónoma del Caribe Norte (RACN).

La caracterización geológica-geotécnica del tramo I de la carretera Comején-Waslala, se obtuvo a partir del recorrido de campo de 61 afloramientos de medición distribuida, con el propósito de abarcar aquellas unidades geológicas, geomorfológicas, Estructurales e inestabilidades del terreno, generando como base a través de imágenes raster gratuitas del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) la topografía a escala 1: 50,000 con la ayuda de las herramientas informática ArcGis V. 10., y geología del mapa geológico minero escala 1:500,000 (INETER, 1998).

De acuerdo al levantamiento de campo, las rocas están compuesta casi en su totalidad por la presencia de rocas volcánicas del Terciario, además por extensos depósitos piroclásticos de composición intermedia-ácida e intrusiones ígneas, destaca la presencia de rocas Basálticas (Tmmb), Andesitas Porfiritica (Tmma), Tobas Líticas Andesíticas (Tmmtl), Tobas Lítica Riolíticas (Tmctl) y hacia las zonas de más baja de relieve Aluvial (Qal).

Se presentó los ensayos de laboratorio de 314 sondeos en los 31.30 km, donde los suelos presentan de manera general las características del tipo de grava areno-limosa. (profundidad 0.30m) clasificada por el método AASHTO M 145 de tipo A-2-6 y A-2-4, y a mayor profundidad hasta 1.50 m donde se encontró arcilla, arcilla arenosa y arcilla gravosa tipo A-7-6 y A-7-5 y arenas con arcillas y gravas con arcillas tipo A-6 y A-5.

## Índice de Contenido

Agradecimiento.....	ii
Dedicatoria.....	iv
Resumen.....	vi
<b>CAPITULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1    Objetivos .....	2
1.2    Justificación. ....	3
1.3    Planteamiento del Problema. ....	4
1.4    Antecedentes .....	5
<b>CAPITULO II. CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO ....</b>	<b>7</b>
2.1    Localización .....	7
2.2    Clima.....	10
2.3    Vegetación.....	11
<b>CAPITULO III. METODOLOGÍA DEL TRABAJO .....</b>	<b>12</b>
3.1    Trabajo de Gabinete. ....	12
3.2    Trabajo de Campo. ....	13
3.3    Análisis e Interpretación de Campo. ....	16
3.4    Redacción del Informe Final. ....	18
<b>CAPITULO IV. MARCO GEOTECTÓNICO .....</b>	<b>19</b>
4.1    Tectónica de América Central.....	19
4.2    Geología Regional de Nicaragua .....	22
<b>CAPITULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>26</b>
5.1    Geología del Área .....	26
5.2    Geomorfología del Área .....	35

5.3	Geología Estructural .....	41
5.4	Amenazas Geológicas .....	53
5.5	Caracterización Geotécnica .....	63
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>107</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>108</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>109</b>
<b>ANEXO .....</b>		<b>113</b>
Anexo A. Tabla de Coordenadas del Trabajo Geológico .....		113
Anexo B. Mapa de Muestreo Geológico .....		116
Anexo C. Mapa Altimétrico .....		117
Anexo D. Mapa de Pendientes .....		118
Anexo. F. Hoja de Resumen de Sondeos de Línea .....		119

## Índice de Figuras

Figura 1. Mapa de localización del área de estudio .....	9
Figura 2. Mapa de Precipitaciones media anual .....	11
Figura 3. Mapa Geotectónico de Centroamérica.....	21
Figura 4. Provincias Geológicas de Nicaragua .....	23
Figura 5. Mapa Geomorfológico.....	40
Figura 6. Comparación geométrica de los sistemas de cizalla.....	42
Figura 7. Fracturas secundarias asociadas a fallas. ....	44
Figura 8. Mecanismo de desarrollo de estructuras sigmoides. ....	46
Figura 9. Diagrama de rosetas de fractura primera fase.....	48
Figura 10. Diagrama de roseta de fracturas segunda fase. ....	50
Figura 11. Mapa Geológico tramo I Comején-Waslala.....	52
Figura 12. Zonificación de Sísmica de Nicaragua (INETER, 1995).....	61
Figura 13. Mapa de Susceptibilidad por amenazas geológicas .....	62
Figura 14. Mapa de Estacionado. ....	68
Figura 15. Planta de ubicación de banco de material Julia Martínez. ....	71
Figura 16. Planta de ubicación de banco de material de Arnulfo Lagos. ....	74
Figura 17. Planta de ubicación de banco de material de Manuel González.....	77
Figura 18. Planta de ubicación de banco de material de José Cortedano .....	79
Figura 19. Planta de ubicación de banco de material de Adán Roa.....	81
Figura 20. Planta de ubicación de banco de materiales de Pedro Orozco.....	84
Figura 21. Ubicación de bancos de préstamo .....	85
Figura 22. Mapa de Ubicación de Puentes tramo I Comején-Waslala.....	103
Figura 23. Perfil de Correlación Geotécnica en Puentes .....	104
Figura 24. Mapa Geotécnico estación 00+000 – 15+500.....	105
Figura 25. Mapa Geotécnico estación 15+500 – 31+300.....	106

## Índice de Fotos

Foto 1. a) Fin adoquinado e inicio del tramo I carretera Comején-Waslala.....	8
Foto 2. Exploracion de campo para banco préstamo de material. ....	14
Foto 3. Instrumentos de Campo.....	15
Foto 4. Sondeo Manual de linea .....	16
Foto 5. Sondeos en banco de materiales Banco No.1 Julia Martínez.....	14
Foto 6. Véase afloramiento de roca basalto.....	27
Foto 7. Muestra macro de roca basalto.....	27
Foto 8. Afloramiento en cerros de pendientes inclinadas de roca andesítica .....	29
Foto 9. Muestra de mano de roca andesita porfirítica .....	29
Foto 10. Afloramiento de bloques de andesita con alteración silica pervasiva .....	29
Foto 11. Afloramiento de andesita porfirítica en la comunidad El Pital.....	29
Foto 12. Afloramiento de morfología de domos dacíticos. ....	30
Foto 13. Muestra macroscópica de la unidad Tid.....	30
Foto 14. Afloramiento de tobas líticas de composición andesítica .....	31
Foto 15. Núcleo de perforación, muestra de toba lítica andesita,. ....	31
Foto 16. Bloque de toba lítica andesíticas. ....	32
Foto 17. Afloramiento en quebrada de toba lítica andesíticas .....	32
Foto 18. Morfología de escarpe de la unidad de tobas volcánicas líticas .....	33
Foto 19. Muestra de mano vease la toba hetereolítica. ....	33
Foto 20. Véase afloramiento de toba lítica riolíticas.....	33
Foto 21. Caja de núcleo de toba lítica riolíticas.....	33
Foto 22. Terrazas aluviales en los principales ríos, puente el Calvario.....	34
Foto 23. Unidad de Lomos de Cerdos Las Carpas.. ....	37
Foto 24. Vestigio de caldera La Pozolera. ....	38
Foto 25. Terraza Aluvial rivera del rio Mancera.....	39
Foto 26. Sistema conjugado formando parte del patrón NW. ....	43
Foto 27. Fracturamiento paralelo. ....	45

Foto 28. Arreglo anastomasado .....	46
Foto 29. Estrías y espejo de falla, plano de falla transcurrete.....	47
Foto 30. Zona de fallamiento tipo sinistral o lateral izquierdo .....	49
Foto 31. Fase de fallamiento NE.....	51
Foto 32. Talud estación 00+050 El Comején.. .....	54
Foto 33. Vista perfil talud estación 00+050, El Comején.....	54
Foto 34. Talud estación 00+150, El Comején.. .....	55
Foto 35. Talud estación 01+100, El Comején.. .....	56
Foto 36. Talud estación 02+800, El Comején.. .....	56
Foto 37. Talud estación 05+350, Las Carpas.. .....	57
Foto 38. Talud estación 05+600, Las Carpas.. .....	58
Foto 39. Talud estación 10+100, Las Brisas.. .....	59
Foto 40. Sondeo de línea No. 232, Estación: 23+ 100.....	65
Foto 41. Banco No 1, Julia Martínez, Calicata 2. ....	70
Foto 42. Banco No 1, Julia Martínez, Calicata 3. ....	70
Foto 43. Banco No2, Arnulfo Lagos, Calicata 1. ....	72
Foto 44. Banco No 2, Arnulfo Lagos, Calicata 2 .....	73
Foto 45. Banco No 2, Arnulfo Lagos, Calicata 3. ....	73
Foto 46. Banco No 2, Arnulfo Lagos, Calicata 4. ....	73
Foto 47. Banco No 2, Arnulfo Lagos, Calicata 5. ....	73
Foto 48. Banco No 3, Manuel González, Calicata 1.....	75
Foto 49. Banco No 3, Manuel González, Calicata 2.....	75
Foto 50. Banco No 3, Manuel González, Calicata 3.....	76
Foto 51. Banco No 3, Manuel González, Calicata 4.....	76
Foto 52. Banco No 3, Manuel González, Calicata 5.....	76
Foto 53. Banco No 4, José Orlando Cortedano, Calicata1. ....	78
Foto 54. Banco No 4, José Orlando Cortedano, Calicata 2. ....	78
Foto 55. Banco No 4, José Orlando Cortedano, Calicata 3 .....	78
Foto 56. Banco No 5, Adán Roa, Calicata 1. ....	80

Foto 57. Banco No 5, Adán Roa, Calicata 2. ....	80
Foto 58. Banco No 5, Adán Roa, Calicata 3. ....	80
Foto 59. Banco No 6, Pedro Orozco, Calicata 1. ....	82
Foto 60. Banco No 6, Pedro Orozco, Calicata 2.. ....	82
Foto 61. Banco No 6, Pedro Orozco, Calicata 3. ....	83
Foto 62. Banco No 6, Pedro Orozco, Calicata 4. ....	83
Foto 63. Banco No 6, Pedro Orozco, Calicata 5 ....	83
Foto 64. Sondeos SPT, en el puente Rio Babaska .....	89
Foto 65. Puente El comején .....	90
Foto 66. Puente Las Carpas. ....	91
Foto 67. Puente El Pital. ....	93
Foto 68. Puente Mancera.....	95
Foto 69. Puente El Calvario. ....	97
Foto 70. Puente Yahosca.....	99
Foto 71. Puente El Aserrió.....	100



## Índice de Tablas

Tabla 1. Tabla de ensayos y normas, para la determinación de las propiedades índice de los materiales .....	63
Tabla 2. Características del sondeo S-1 Y S-2 del puente El Comején. ....	90
Tabla 3. Resumen de prueba (SPT) del puente El Comején. ....	91
Tabla 4. Características del sondeo S-1 Y S-2 del puente Las Carpas. ....	92
Tabla 5. Resumen de prueba (SPT) del puente Las Carpas. ....	93
Tabla 6. Características del sondeo S-1 Y S-2 del puente El Pital.....	94
Tabla 7. Resumen de prueba (SPT) del puente El Pital.....	94
Tabla 8. Características del sondeo S-1 Y S-2 del puente Mancera.....	95
Tabla 9. Resumen de prueba (SPT) del puente Mancera.....	96
Tabla 10. Características del sondeo S-1 Y S-2 del puente El Calvario. ....	97
Tabla 11. Resumen de prueba (SPT) del puente El Calvario. ....	98
Tabla 12. Características del sondeo S-1 Y S-2 del puente Yahosca.....	99
Tabla 13. Resumen de prueba (SPT) del puente Yahosca.....	100
Tabla 14. Características del sondeo S-1 Y S-2 del puente El Aserrío. ....	101
Tabla 15. Resumen de prueba (SPT) del puente El Aserrío. ....	101

## **CAPITULO I. INTRODUCCIÓN**

El presente trabajo se enmarca en el estudio geológico y geotécnico, del tramo I carretera Comején-Waslala de 31.3 km de carretera de tipo revestida de todo tiempo que forma parte final de la carretera Nic.05 según el Inventario de la Red Vial de la Republica de Nicaragua del 2015. Tramo que constituye el principal acceso de la región del Pacífico hacia el Municipio de Waslala y la Región Autónoma Caribe Norte (RACN), donde las principales actividades son: la agricultura y ganadería en el municipio de Waslala.

En este documento se caracterizan las condiciones geológicas como litológicas, geomorfológicas, estructuras y geodinámicas presentes en el tramo I carretera Comején-Waslala, para la generación cartografía geológica en un radio de 3 km con respecto al eje del tramo y geotécnica restringida al tramo. Incluye la elaboración del mapa estructural, mapa geomorfológico y mapa geológico con su respectiva columna estratigráfica y perfiles geológicos; además de caracterizar cada una de las unidades litológicas encontradas en el área de estudio.

Los estudios geotécnicos realizados como sondeos de línea en sobre el tramo, perforaciones en puentes y ensayos de los bancos de materiales han sido determinados por el laboratorio de LAMSA, para la generación de la zonificación de características geotécnicas presentes en el tramo, para así sustentar las futuras obras de rehabilitación y diseños de construcción.

Con la ejecución del presente estudio se espera emplear un modelo de trabajo, así como la generación de información geológico-geotécnica clara a seguir para los futuros estudios geológicos viales.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivos General.**

- ❖ Caracterizar las condiciones geológicas y geotécnicas de la carretera Nic.05 del tramo I: Comején-Waslala para su rehabilitación.

### **1.1.2 Objetivos Específicos.**

- ❖ Determinar litología, estratigrafía, geomorfología y estructuras existentes en el área de estudio.
- ❖ Elaborar la cartografía geológica de la carretera Nic.05 del tramo I: Comején-Waslala, a escala 1:50,000.
- ❖ Identificar los sitios susceptibles a amenazas geológicas que afecten el tramo.
- ❖ Describir las propiedades físico-mecánicas de los suelos para la obtención de la cartografía geotécnica del tramo.

## 1.2 Justificación

Las condiciones geomorfológicas de moderadas a fuertes pendientes y escarpes del área central del país son idóneas para sitios susceptibles a riesgos geológicos y de suelos desfavorables, lo que provoca al aumento del deterioro de la red vial de las carreteras del País.

Por lo tanto la necesidad de obtener un estudio preliminar de prefactibilidad que demuestre las condiciones litológicas, riesgo geológico y la caracterización de suelos es de gran importancia para una buena planificación de rehabilitación de carreteras.

La caracterización de las condiciones geológicas y geotécnicas del tramo I carretera Comején-Waslala son necesarias para la elaboración de la cartografía geológica y geotécnica, donde se expongan las principales unidades litológicas, rasgos geomorfológicos, estructurales y sitios de susceptibilidad a amenazas geológicas, así como la clasificación de los suelos a partir de la obtención de información de campo y resumen de datos de laboratorio de suelos. Contribuyendo al plan de rehabilitación del tramo en vista al crecimiento de la economía directa e indirecta y al plan del inventario de la red vial de Nicaragua.

### **1.3 Planteamiento del Problema**

El tramo I carretera Comején-Waslala está ubicado en la parte Norte central del país, por su gran distancia con respecto a la capital ha sido de menor importancia en los planes de rehabilitación de carreteras del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI).

Las ciudades y comarcas aledañas al tramo I carretera Comején-Waslala durante los últimos años ha tenido un gran desarrollo en las actividades de acopio y distribución de los diferentes productos de consumo nacional y de exportación, sin embargo un efecto contradictorio es el mal estado en infraestructura vial existentes del tramo de tipo camino revestido, causando daños, deterioro vehicular y mayor tiempo de tránsito, provocando el encareciendo y costó de transporte de los diferentes productos.

## 1.4 Antecedentes

En el área de estudio que comprende la hoja topográfica de Yahosca (3155-IV) hasta el momento no se ha ejecutado una investigación geológica semidetallada, solo estudios generales enfatizándose más en el reconocimiento de interés minero, principalmente el área Oeste de las Vallas donde se ha venido desarrollando el Proyecto minero Pavón por la empresa B2Gold hasta la fecha. Dichos estudios son estrictamente privados sin poder tener acceso a los mismos.

Al tiempo que se realizó la exploración geológica de campo, se realizaba el proyecto de perforación hidroeléctrico Hydropenta, donde se observaron núcleos de perforación en el sector de la comarca Las Vallas y El Pájaro. Logrando observar rocas a los 50 m de profundidad de unidades de tobas andesitas y riolitas.

Los estudios más importantes que se lograron recopilar de carácter regional están los siguientes:

Geología Regional de Nicaragua, léxico estratigráfico de Nicaragua, editado en el 2000 por Glen Hodgson Valrey, donde describe las formaciones geológicas, sus principales afloramientos, extensiones y columnas estratigráficas. Este refiere la geología de la zona como rocas volcánicas pertenecientes al Grupo Coyol Superior del Pleistoceno y Grupo Matagalpa de Oligoceno – Mioceno.

INETER. 1995. Mapa Geológico Minero, de la República de Nicaragua a escala 1:500,000. Mapa geológico y sus alrededores, reconoce y delimita las formaciones del grupo Coyol y grupo Matagalpa y estructura de lineamiento de fallamiento principal en dirección NW trazando por el río Yahosca y estructurales de lineamientos circulares hacia el área del macizo de Peñas Blancas y hacia el Norte

de la comunidad Las Brisas, se utilizó para conocer el ambiente geológico regional del proyecto.

Los estudios mencionados refieren la geología de la zona como rocas volcánicas pertenecientes al Grupo Coyol Superior del Pleistoceno y Grupo Matagalpa de Oligoceno – Mioceno.

## **CAPITULO II. CARACTERIZACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO**

### **2.1 Localización**

El área de estudio se localiza entre Rancho Grande municipio del departamento de Matagalpa y Waslala municipio de la Región Autónoma Caribe Norte (RACN), El tramo I carretera Comején-Waslala se sitúa entre las hojas topográficas de; Macizo de Peñas Blancas (3055-I) y Yahosca (3155-IV), con una longitud 31.3 km (Figura 1).

El tramo está delimitado por las coordenadas (UTM-Datum WGS84) de inicio 654625E, 1466465N, en el poblado del Comején, donde termina el adoquinado que viene del municipio de la Dalia y empieza la carretera revestida (Foto 1), terminando en el municipio de Waslala con coordenadas 675875E, 1474114N (Foto 1).

#### **2.1.1 Vías de Acceso**

El acceso de la red vial que enlaza al tramo I carretera Comején-Waslala desde la capital de Managua se realiza sobre la Nic01; carretera de tipo troncal principal asfaltada de 103 km de longitud hasta el empalme de Sébaco, tomando posteriormente la Nic.03; carretera de tipo troncal secundaria asfaltada de 26 km de longitud hasta la ciudad de Matagalpa, siguiendo hacia la el municipio de la Dalia por la Nic05; carretera de tipo colectora principal asfaltada y adoquinada de 30 km de longitud hasta el pueblo del Comején (Figura 1).





Foto 1. a) Fin adoquinado e inicio del tramo I carretera Comején-Waslala de troncal revestida todo tiempo 00+000. Coordenadas: 653111E, 1466182N. b) Final del tramo I carretera Comején-Waslala 31+300. Coordenadas: 675246E, 1473015N.

## Caracterización geológica-geotécnica del tramo I carretera Comején-Waslala (Matagalpa-RAAN)

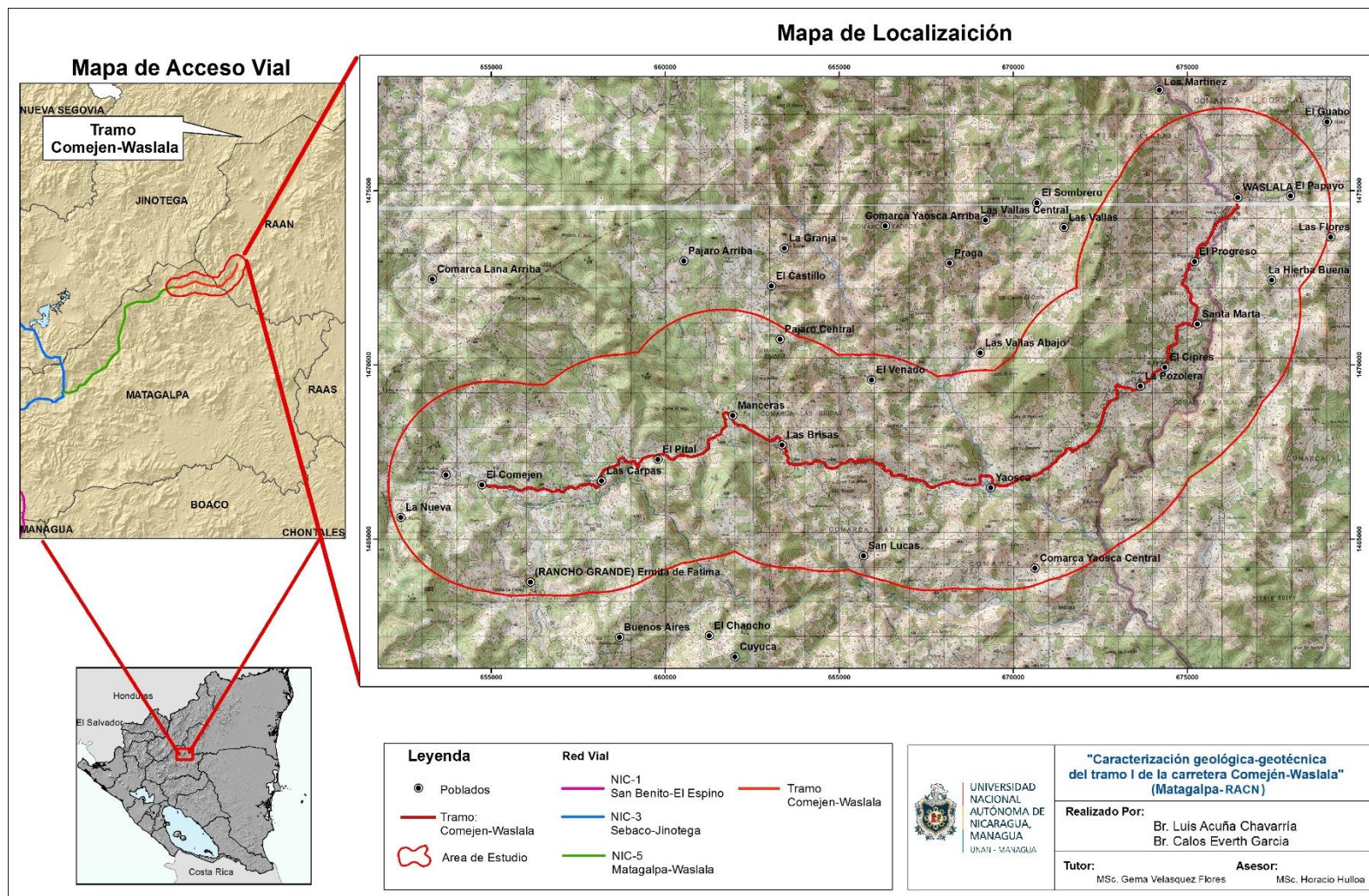


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio.

## 2.2 Clima

El trazado del tramo I carreta Comején-Waslala se caracteriza por tener abundantes lluvias y altas temperaturas con una media anual entre los 26.05° a 30° grados Celsius, y humedad relativa de 85% propias de climas de Trópico Húmedo (Alcaldía/INIFOM 2012).

Hacia la parte Oeste del Tramo que comprende El municipio de Rancho Grande las precipitaciones varían entre los 2,000 y 2,400 mm. Y hacia la parte Noreste del tramo la precipitación promedia anual es de 2,560 mm. Consistiendo de una buena distribución de precipitación durante todo el año en estos dos municipios (INETER, 2000).

La época lluviosa se extiende desde mayo hasta enero. Las lluvias están distribuidas en tres periodos (Figura 2).

- Primera ( 1 Mayo- 15 Julio –600mm)
- Postrera (15 Agosto – 15 Noviembre, ---700 mm)
- Apante (15 Noviembre - 31 de Enero, --200 mm)



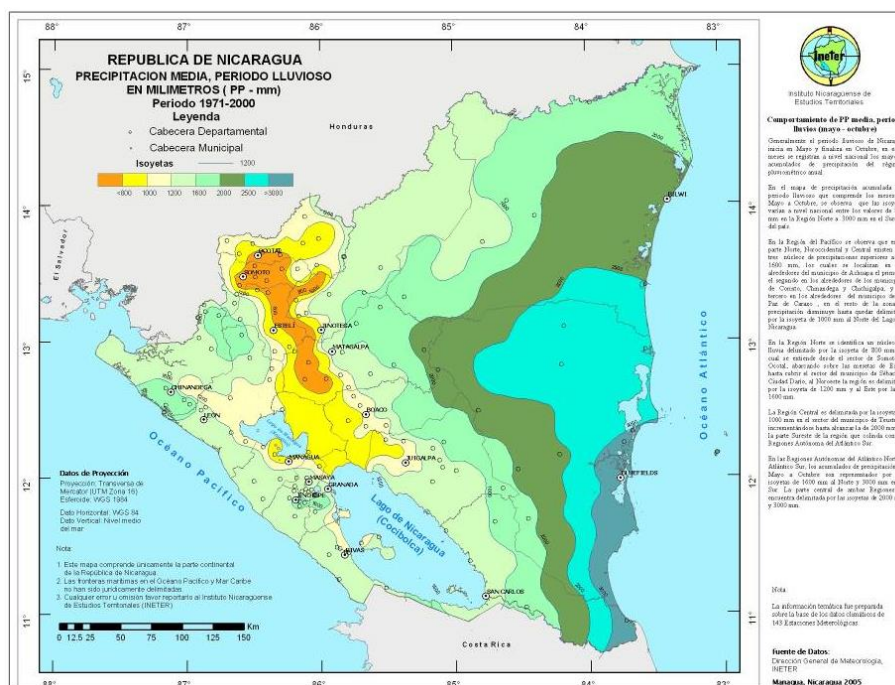


Figura 2. Mapa de Precipitaciones media anual, entre los periodos lluviosos 1971-2000 (INETER).

## 2.3 Vegetación

El tramo I carretera Comején-Waslala está ubicado dentro de la región ecológica central, una de las más húmedas y frías del país, con la existencia diversos tipos de pluvio-selvas moderadamente cálidas, templadas y frías, igualmente de vegetación variada, abundantes arboles maderables combinándose con zonas de pastizales, donde se acentúa la industria ganadera y actividades meramente agrícolas de frijol y cacao (Alcaldía/INIFOM 2012).

## **CAPITULO III. METODOLOGÍA DEL TRABAJO**

La metodología de trabajo se realizó en tres etapas que se llevaron a cabo durante todo el estudio que se describen a continuación.

### **3.1 Trabajo de Gabinete**

En esta etapa se procedió a recolectar toda la información existente tales como mapas topográficos, imágenes raster del servicio geológico de estados unidos (USGS), y documentación accesible tanto privada como pública, previos realizados en el área o zonas aledañas. Se eligió el sistema de coordenadas geográficas a trabajar UTM (WGS-84).

#### **3.1.1 Recopilación de Información**

Recopilación de la mayor cantidad de documentación en las áreas de estudio de la geología y geotecnia tales como; tesis de graduación de las carreras de ingeniería geológica e ingeniería civil, informes de estudios geológicos y geotécnicos, cartografías nacionales y extranjera. En total se lograron recopilar 8 tesis orientadas a la cartografía geológica de Nicaragua, 2 artículos sobre cartografía geotécnica de España, 3 informe técnicos, 6 estudios y dos fichas.

Obtención de bases de datos de sistema de información geográfica (GIS) general de Nicaragua; base de datos climatológica anual (INTER) y geología del mapa geológico minero escala 1:500,000 (INETEER, 1998).

### **3.1.2 Generación de Mapa Base**

Se generó la topografía base a través de imágenes raster gratuitas del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Obteniendo una topografía a escala 1: 50,000 de las hojas topográficas (3055-I y 3155IV), con la ayuda de las herramientas de ArcGis V. 10.

Así se trabajó con la obtención de mapas de modelos de sombra y elevaciones para un pre identificación e interpretación de las estructuras geológicas del área a tener en consideración en la fase de trabajo de campo.

### **3.1.3 Fotointerpretación**

Esta técnica de examinar imágenes fotográficas con el propósito de identificar objetos e interpretar su significado, es útil para la interpretación de manera general los rasgos geológicos, geomorfológicos, estructurales, vegetación, drenaje y Erosión.

Esta técnica de la fotointerpretación se logró cumplir a partir del geoprocesamientos de imágenes raster (USGS), con los que se logró identificar rasgos geológicos, morfo tectónicos del área de estudio, así como la clasificación y textura de la red de drenaje.

## **3.2 Trabajo de Campo**

El levantamiento de campo consistió en la exploración sobre el tramo, trochas vecinales y quebradas, elaborando el cartografiado de las unidades litoestratigráficas, mapeo estructural, toma de indicadores cinemáticos, observación de rasgos geomorfológicos y la caracterización de las condiciones de inestabilidad

de los taludes, que representan susceptibilidad a deslizamientos con afectación al tramo.

El cartografiado geológico radicó en la descripción macroscópica de las rocas en exposiciones naturales de quebradas, cortes de carretera y bancos de préstamo (Foto 2), utilizando mapas topográficos obtenidos en la fase de generación de mapas base e interpretación de imágenes satelitales en una radio de 3 km del eje del tramo (Anexo B).



Foto 2. Exploración de campo para banco de préstamo de material.

Los instrumentos utilizados para la cartografía geológica de campo fueron: Pica de geólogo, lupa 10x20x, GPS-garmin etrex10, bolsas para muestra, bolígrafos, libreta de campo, lápiz de colores, lápiz de dureza y magnético, mapas topográfico escala 1: 50,000 (Foto 3).



Foto 3. Instrumentos de Campo.

En este periodo de caracterización geológica de campo se presencié la realización de los sondeos de las líneas de suelo, perforación en puentes y calicatas en bancos de material. Ejecutados por la empresa Lamsa. S.A descritos a continuación:

- **Sondeo Manuales de Línea**

Estos sondeos consistían en la toma de muestras a partir de un auge manual o barreno helicoidal, la ubicación de los sondeos fue cada cien metros comenzado del estacionado 00+000 (Foto 4). Este tipo de sondeo permite la toma muestras alteradas a profundidades de 1.5m, procediendo a la clasificación del material visualmente para luego codificarse y trasladarse al laboratorio.



Foto 4. Sondeo Manual de línea. Coordenadas: 654446E, 1466596N (MTI, 2017).

- **Sondeos en Banco de Materiales**

Estos sondeos consisten en la apertura de calicatas de 1.5m x 1.5m x 3.0m, estas son colocadas y cuantificadas dependiendo; de los cambios del material en superficie y el área de cobertura del banco de material. Estas calicatas exponen un perfil estratigráfico el cual es descrito y muestreado para su traslado al laboratorio para la realización de los ensayos requeridos (Foto 5).



Las muestras extraídas de los sondeos fueron trasladadas al laboratorio, para la realización de los ensayos requeridos. Los resultados de laboratorio comprenden granulometría, plasticidad, clasificación AASHTO, Proctor de densidad estándar y modificada, CBR, desgaste de Los Ángeles e intemperismo acelerado. Los resultados se presentan en los anexos del presente informe (Tabla 1).



Foto 5. Sondeos en banco de materiales. Banco No 1, Julia Martínez, Calicata 1. Coordenadas: 655344E, 1436647N (MTI, 2017).

- **Sondeos en Puentes**

El ensayo realizado en puentes consistió en ensayos de tipo penetración estándar (SPT) por el método ASTM D-1586. Este tipo de sondeo consiste para ensayar el material en los puentes para su reconocimiento geotécnico y el valor de los números de golpes necesarios para introducir 30 cm a la toma muestra. Extrayéndose muestras de cada estrato de suelo para ser trasladar al laboratorio, realizándose 2 sondeos por cada puente con un total de 14 sondeos.

### **3.3 Análisis e Interpretación de Campo**

El análisis e interpretación de campo se dividió en dos etapas: Análisis e interpretación geológica y Análisis e interpretación geotécnica

### **3.3.1 Análisis e Interpretación Geológica**

Una vez terminada la etapa de campo se procedió a analizar todos los datos obtenidos tanto en campo como en la etapa de gabinete y así trabajar en la nueva interpretación de las condiciones litológicas según afloramientos de campo y toma de data estructural en conjunto con la interpretación de imágenes procesadas a través del raster.

Las imágenes procesadas a través del raster con la herramienta GIS que ayudaron a la interpretación geológica del tramo fueron: Mapa altimétrico, mapa de clasificación de pendientes, mapa de sombras, mapa de ríos, mapa de curvas de nivel (Anexo C). En conjunto posterior mente se digitalizo la información recopilada en campo obteniendo una cartografía geológica y geomorfológica.

### **3.3.2 Análisis e Interpretación Geotécnica**

En un periodo de 4 meses se obtuvo la hoja de resumen de los resultados de ensayo de las líneas de suelos, bancos de materiales y sondeos en puentes (Anexo F).

Aquí se realizó una base de datos para ser leída por el programa informático ArcGis V. 10, una vez asignadas las coordenadas a cada sondeo por medio del estacionado, se les incorporo a la base de datos las variables de resultados de; clasificación HRB, límites de Atterberg, densidad máxima, humedad optima y grado de compactación.

Para cada una de las variables asignada a la base de datos se realizó la interpolación de datos con la herramienta de raster interpolation que ofrece el programa de ArcGIs V.10., Obteniendo así una imagen raster con los diferentes rasgos de las variables asignadas de las propiedades de los suelos, facilitando así

la observación de aquellas zonas Max y Mínimas para la generación de la cartografía geotécnica la cual fue restringida al área de 8 metros que corresponde el ancho del tramo, donde se tuvo que realizar un buffer de 100 metros para poder ser observable en la cartografía.

En la data de resumen de sondeos en puentes se realizó la correlación según la clasificación de suelo (SUCS) proporcionada, para lo cual con ayuda de la herramienta de dibujo AutoCAD V. 2015 se realizó el perfil de la correlación de suelos con propiedades similares (Foto 5).

La data de resumen de sondeos en bancos de material fue analizada y representada en pequeños columnas estratigráficas de clasificación de suelos HRB, para el cálculo de volumen se realizó a través de la herramienta de dibujo AutoCAD Civil3d, en el cual calcula la diferencia entre una superficie de explanación asignada y la superficie topográfica del terreno.

En la creación de la cartografía geotécnica se tomaron criterios de condiciones desfavorables por rasgos geomorfológicos de altas pendientes, condiciones desfavorables geotécnicas como aquellos suelos de alto límite líquido e índice de plasticidad, así como suelos de baja capacidad de carpa (California Bearing Ratio, CBR). Según clasificación cualitativa de (Assis A. 1988). Y condiciones desfavorables de drenaje hídrico principal y secundario.

### **3.4 Redacción del Informe Final**

Una vez analizada la información y digitalizada toda la data se obtuvieron (mapas geológico, mapa geomorfológico, mapa y planos geotécnicos del tramo), donde a partir de la interpretación de estos mapas se elaboró el documento, presentación y defensa del documento final.

## **CAPITULO IV. MARCO GEOTECTÓNICO**

### **4.1 Tectónica de América Central**

Según Dengo, D y Case, J., (1990), la tectónica de Centroamérica ha estado subordinada en los últimos 50 millones de años por la subducción de la placa Cocos debajo de la Placa Caribe y que cuyos márgenes son complejos cinturones tectónicos activos, que han estado evolucionando a lo largo del Cenozoico, está subduce a través de la Fosa Mesoamericana, la cual se localiza paralela a las costas de la región, con dirección NW.

Centroamérica, se ubica en la margen occidental de la Placa Caribe, la que se encuentra limitada: al norte, por la placa Norteamericana a través de la Falla Polochic – Motagua y Fosa Caimán con rumbo E – W; Al este por la Fosa de Puerto Rico y las zona de subducción de las Antillas Menores; Al sur por la placa Suramericano; Al oeste por la Fosa Mesoamericana. La placa de Cocos limita: Al norte con la Fosa Mesoamericana; Al este con el Centro de extensión de los Galápagos; Al sur por la Placa de Nazca; Al oeste por la Placa del Pacifico (Dengo. G. Case J., 1990) (Figura 3).

Según Dengo, G., (1978). Sin embargo, hay que tener presente que la evolución geotectónica de Centroamérica es compleja debido a la interacción de dos grandes bloques los cuales se diferencian entre uno y otro con respecto a geología, estructuras y rasgos morfotectónicas:

El Bloque Septentrional, también llamado bloque Chortis de origen continental. El Bloque Meridional, también llamado Bloque Chorotega de origen oceánico. Estos dos grandes Bloques forman el basamento de la región Centroamericana (Dengo, G., 1985).

El Bloque Chortis, se desprendió del sur – oeste de México, hace aproximadamente 150 millones de años (Pindell & Barret, 1990), presenta un basamento rocoso cristalino, que cubre la parte norte de Nicaragua, Honduras, El Salvador y Guatemala hasta la parte sur de la Falla Motagua.

El Bloque Chortis, que está constituido principalmente por rocas metamórficas de edad Paleozoica - Mesozoica, principalmente filitas y esquistos de bajo grado de metamorfismo, ubicada en la parte basal; las que están sobreyacidas por rocas sedimentarias del Mesozoico y volcánica Terciaria hacia la parte cuspidal de la columna.

Denyer P. et al., (2000). El Bloque Chorotega, presenta un basamento de origen oceánico, que abarca el sur de Nicaragua, Costa Rica y Panamá. Este bloque está constituido principalmente por rocas ígneas y sedimentarias.

La secuencia de rocas ígneas junto con las rocas sedimentarias integran lo que se llama una serie ofiolítica. Esta aparece en la península de Nicoya y en otras penínsulas del Pacífico de Costa Rica y de Panamá, inyectada por otro tipo de rocas ígneas cuyos orígenes se relacionan con puntos calientes. (Alvarado & Denyer, 1997). También en Nicaragua en la zona del río San Juan se presentan rocas peridotíticas serpentinizadas en el área de Sábalo y otras localidades cercanas (Tomado de Rodríguez, D., 2005).

La naturaleza del contacto entre los dos bloques tectónicos que forman el basamento de Centroamérica todavía no está muy bien definida, debido a la cobertura de potentes secuencias sedimentarias y rocas volcánicas del Cenozoico, con presencia de rocas parcialmente metamorfoseadas e intrusivas (Dengo, G., 1985).

Según Venable (1994) el límite entre los Bloques Chortis y Chorotega podría encontrarse en la parte de norte de Nicaragua justo al norte del área de Siuna. Venable propuso la existencia de un micro bloqué entre el Chortis y el Chorotega, al que llamó **Terreno Siuna**. Originalmente esta área era atribuida al Bloque Chortis, sin embargo Venable lo caracterizó un terreno de arco de isla con características y depósitos minerales similares a los de Bloque Chorotega más que al Bloque Chortis.

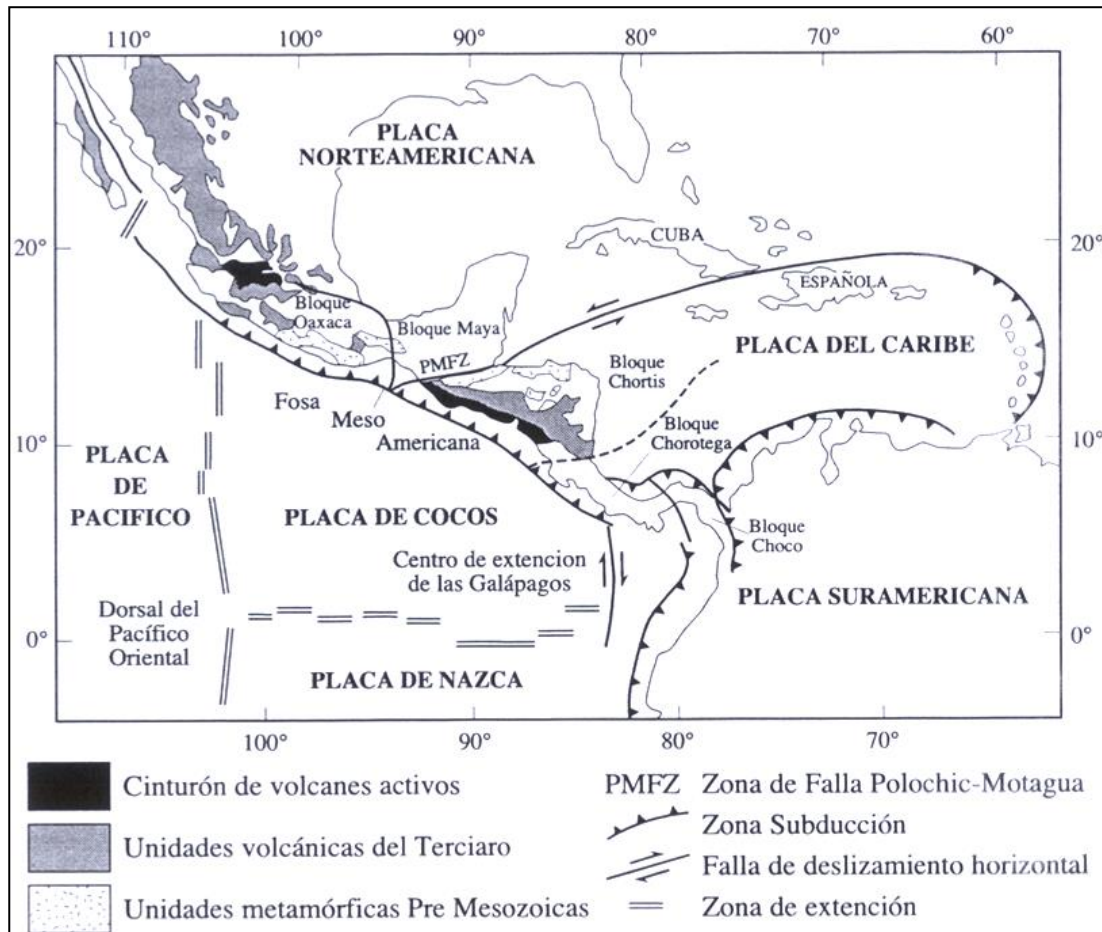


Figura 3. Mapa Geotectónico de Centroamérica (Tomado de Leyton, 1994) Geología Regional.

## 4.2 Geología Regional de Nicaragua

Nicaragua ha sido dividida en cinco diferentes Provincias geológicas (McBirney & William, 1965) (Figura 4):

1. La Provincia Geológica de la Planicie de la Costa del Pacífico, está formado por rocas sedimentarias y volcánicas de edad Mesozoico al Plioceno.
2. Provincia Geológica de la Depresión de Nicaragua, está compuesta por rocas volcánicas y sedimentos, de edad Cuaternaria a Reciente.
3. Provincia Geológica Central, se caracteriza por la presencia de rocas volcánicas Terciarias, las que han sido dividida en dos grandes unidades principales: Grupo Matagalpa y Grupo Coyol.
4. Provincia de los Llanos de la Costa Atlántica, se caracterizada por presentar terrenos bajos, rellenados por material coluvio-aluvial proveniente de las montañas que conforman la Provincia Central. La edad varía del Mioceno Tardío al Reciente.
5. Provincia Geológica del Norte localizada en la región de Nueva Segovia y parte de Madriz Jinotega, la cual está constituida por rocas metamórficas cortadas por intrusivos de composición básica a ácidas, siendo el batolito de Dipilto el más representativo.



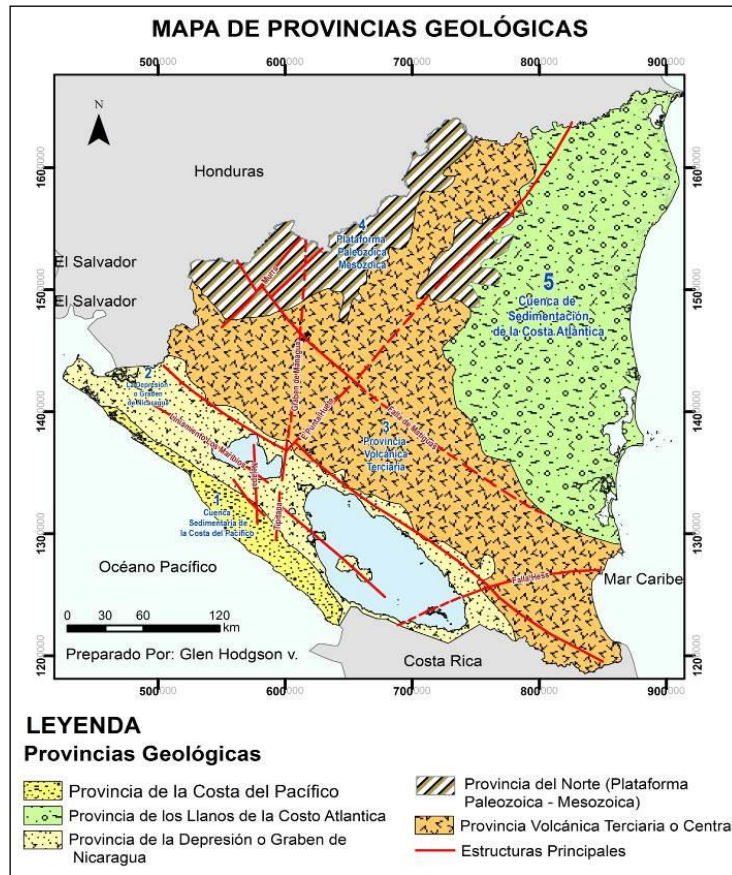


Figura 4. Provincias Geológicas de Nicaragua redibujado propio (Hodgson G., 2000).

En la región NE de Nicaragua, donde se ubica el área de estudio, forma parte de la sección norte de la Provincia Geológica Central o Provincia volcánica terciaria donde regionalmente las formaciones geológicas que predominan en el área pertenecen a los Grupos Matagalpa y Coyol con edades del Oligoceno al Mioceno. El origen de estas rocas volcánicas se asocia a antiguos arcos volcánicos resultado de la subducción de la Placa Cocos debajo de la Placa Caribe a lo largo del Terciario.

McBirney and Williams 1965, reconocieron tres divisiones para los productos volcánicos, que se diferencian por su litología y relieve topográfico que luego fueron modificados por Hodgson et, a finales de 1983:



- Subgrupo Superior: Formación Andesita-Basalto, Brecha-Aglomerado (Tomms), del Mioceno inferior - Oligoceno superior.
- Subgrupo Medio: Formación Ignimbrita, Toba y sedimento tobáceos (Tomm-m). McBirney and Williams 1965, determinaron una edad de 19.1 m.a para rocas de esta formación.
- Subgrupo Inferior: Formación Sedimentos Tobáceos, Lacustre y Fluvial, Toba e Ignimbrita en menor proporción (Tommi). Hay incluido diques hipabisales básicos y diques anular, tales diques no son diagnósticos para el grupo.

Hodgson G. Ferrey C. Garayar J., et al 1971 (SGN, Parson Corp.), le asignaron el nombre de grupo Coyol al tercer grupo de McBirney y lo subdividieron en dos subgrupos, cada uno con varias formaciones litológicas.

- Subgrupo Coyol superior:
  - Formación Lava y Aglomerado superior (Tpcl). Edad varía entre los 4.2 m.a y 6.65 m.a. Plioceno Superior.
  - Formación Toba y Ignimbrita-Riolítica (Tpci). Edad variable entre 12.5-13.4 m.a. Plioceno Inferior.
  - Formación Basalto, Andesita y Aglomerado (Tpcb-Tpca). Edad hasta 17.8 m.a. se han calculado para esta formación. Plioceno-Mioceno Superior.
- Subgrupo Coyol Inferior:
  - Formación Toba con Ignimbrita-Dacítica y Andesita (Tmcd). Edad entre los 14.9-18.4 m.a. del Mioceno Medio.
  - Formación Andesita y Aglomerado-Basalto, predominando andesita (Tmca-Tmcg). Edad entre los 15.8-30.3 m.a. del Mioceno Inferior.

#### **4.2.1 Formación Matagalpa**

Hodgson G., (2000). La formación Matagalpa, representa las rocas más antiguas de la región. En la base, la unidad Matagalpa inferior, está compuesta por piroclastos y vulcano-sedimentarios, los cuales se observan al Sur de Kuskawas (Rancho Grande) y en el área de la Patriota (Matiguás), posteriormente se deposita la unidad Matagalpa Medio, compuesta por tobas e Ignimbritas que sobreyacen la unidad Matagalpa Superior, formada por flujos de andesita y basalto.

Hodgson G., (2000). Lapilli, los domos de: latita, pórfido de cuarzo, Traquita, Riolitas biotítica, afloran en la zona Norte de Natividad II, en el área conocida como El Pastal (Waslala) y en el área de La Patriota (Matiguás), pudiéndose correlacionar con la Formación Matagalpa.

#### **4.2.2 Formación Coyol**

Hodgson G., (2000). Unidades Matagalpa Inferior y Media son sobreyacidas por la Formación Coyol, que se encuentra formada por secuencias de ignimbritas y flujos de dacita, las que pueden ser observadas en el cerro Peñas Blancas (carretera El Tuma- La Dalia-Rancho Grande).

Las rocas más recientes observadas en la zona de trabajo están representadas por ignimbritas y dacitas, ubicadas en la comarca El Pájaro (Rancho Grande) y que se podrían correlacionar con la Formación Coyol Inferior del Mioceno.

## CAPITULO V. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 Geología del Área

La caracterización de la geología del área se definió a partir en base a la interpretación de imágenes digitales y la exploración de campo en las zonas marginal de la carretera en un radio de 3 km ingresando a trochas y quebradas principales. Con respecto al eje del tramo.

La geología del área de estudio en general está constituida por lavas volcánicas de composición básicas a acidas y por intrusivo plutónicos, producto de la fuerte actividad volcánica del Terciario perteneciente a la formación Matagalpa Superior y Coyol del Oligoceno-Mioceno, Marcada por estructuras circulares de calderas antiguas que dieron origen a estas unidades de lavas. Las cuales han sido modificadas por la tectónica de lineamientos NW paralelo a la fosa de subducción y a la falla regional de Matiguás, y por el lineamiento NE influenciado por la falla Punta Huete.

Como resultado se definieron seis unidades litológicas en base a la clasificación macroscópica de afloramientos, estas se describen a continuación siguiendo el orden de lo más antiguo a lo más reciente:

- Unidad Basalto (Tmmb)
- Unidad Andesita Porfírica (Tmma)
- Unidad Intrusivo Dacítico (Tid)
- Unidad Toba Lítica Andesítica (Tmmtl)
- Unidad Toba Lítica Riolítica (Tmctl)
- Unidad Cuaternario Aluvial (Qal)

### 5.1.1 Unidad Basalto (Tmmb)

Las rocas de esta unidad son originadas a partir de erupciones volcánicas de lavas de composición basáltica de buena fluidez, encontrándose en cerros en forma de conos hacia el Oeste de moderadas a fuertes pendientes y hacia el Este forma parte de cerros de moderadas pendientes (Foto 6), cubriendo el 11% de la superficie del área de estudio (Figura 11).

Podemos observar esta unidad subyaciendo por debajo de la unidad de toba lítica (Tmmtl), donde en el perfil estratigráfico representan el basamento litológico del área de estudio, afectada por los lineamientos NW en la parte Oeste de tipo normal y hacia la parte Central del mapa geológico con movimientos tipo sinestrales y destrales.

Estas rocas en su 60% de afloramiento se muestran como una roca de buena consistencia, en muestra de mano se observan de textura afanítica de color negro producto de silicatos de magnesio, hierro y olivino así como de plagioclasas cálcicas constituyendo una roca de alta densidad entre los 2,8 a 2,9 g/cm<sup>3</sup>, con fracturas y platinas rellenas de hematita y limonita en la mayoría de afloramientos (Foto 7).



Foto 6. Véase afloramiento de roca basalto. Comarca El Comején. Coordenadas: 651980E, 14655710N.



Foto 7. Muestra macro de textura afanítica de roca basalto, coordenadas 651980E, 14655710N.

### 5.1.2 Unidad Andesítica (Tmma)

Esta unidad de rocas volcánicas del periodo Terciario y época del Mioceno del Matagalpa superior, consisten de lavas volcánicas de composición intermedia siendo esta la de mayor extensión del 53% representatividad en todo el área de estudio (Figura 11).

La unidad Tmma se presenta en cerros de moderadas a fuertes pendientes con afloramiento en bloques de 1 a 2 metros de diámetros o cubiertos por suelos saprolíticos o coluviones de 1 a 4 metros de espesor. (Foto 8). Estos flujos andesíticos están subyaciendo horizontalmente por debajo de tobas líticas andesíticas (Tmmtl) y suprayaciendo por encima de la unidad de flujo basáltico (Tmmb).

Estas rocas son producto de un magma rico en plagioclasas de tipo andesinas y máficos de anfíboles, en muestra de mano se observan con fenocristales de 2 mm de plagioclasas andesina de textura porfiritica y matriz afanítica con cambios de tonalidad de rojo, gris y verde en dependencia al grado de meteorización y alteración a que han sido expuestas (Foto 9).

En la parte Suroeste esta unidad se presenta de textura porfiritica con fenocristales de 2 mm sumergidos en una matriz afanítica de plagioclasas y anfíboles con alteración hematita (Foto 11). En la parte central estas rocas se presentan de textura porfiritica con alteración silica en matriz de color gris con presencia de afloramientos en cerros de fuertes pendientes como producto de la resistencia a la meteorización por la alteración silica (Foto 10). En la parte Noroeste estas rocas afloran en cerros de moderadas pendientes de roca color verdoso de alteración clorítica y de meteorización moderada.





Foto 8. Afloramiento en cerros de pendientes inclinadas conformados por andesita porfirítica Suroeste del área. Las Brisas. Coordenadas: 664272E, 1463322N.



Foto 9. Muestra de mano de roca andesita porfirítica con fenocristales tabulares de plagioclasas de 2 mm y matriz fina afanítica con alteración hematita Coordenadas: 664272E, 1463322N.



Foto 10. Afloramiento de bloques de andesita con alteración sílica pervasiva en el área de la comunidad La Pozolera. Coordenadas: 666272E, 1463522N.



Foto 11. Afloramiento de andesita porfirítica en la comunidad El Pital. Coordenadas: 664854E, 1463879N.

### 5.1.3 Unidad Intrusiva Dacítica (Tid)

Esta unidad consiste de un cuerpo magmático intrusivo que corta a las rocas de la unidad de basalto (Tmmb) y andesitas (Tmma) de edad Terciario Oligoceno, este intrusivo posee un ancho de 1,700m de dirección NE en el área de la comunidad de la Mancera y las Brisas, representándose con morfología de domos bien ladrados, observándose en afloramientos sobre la carretera y quebradas (Foto 12).

Estas rocas consisten de una composición intermedia entre las andesitas y riolitas, ricas en plagioclasas y máficos, macroscópicamente tienen un color gris a rosado observándose de texturas afanítica y porfiritica de matriz afanítica de plagioclasas de color rosa potásica con cristales de minerales laminares de micas sumergidos en la matriz (Foto 13).



Foto 11. Afloramiento de morfología de domos dacíticos de la unidad Tid, comunidad El Pital. Coordenadas: 660711E, 1467373N.



Foto 12. Muestra macroscópica de la unidad Tid, obsérvese pequeñas láminas de micas negras y matriz afanítica de feldespato rosa. Coordenadas: 660711E, 1467373N.



#### 5.1.4 Unidad de Toba Lítica Andesítica (Tmmtl)

Esta unidad de toba lítica Andesítica se presenta en el área de las comunidades de las Carpas y Yahosca cubriendo una superficie del 8% en el área de estudio. Estas presentan morfología de bajas a medias pendientes afectada por la fase de lineamiento NW (Foto 14).

Estas rocas son producto de unidades eruptivas de flujos piroclásticos, con fragmentos líticos angulosos de 1 cm de diámetro de composición basáltica mayormente andesíticas, esta unidad de rocas se presentan de color verdosas hacia la comunidad de las carpas y de color grisáceas hacia la parte central de comunidad Yahosca (Foto 16 y 17).

En la exploración geológica de campo se presencié perforación diamantina, observándose esta unidad de roca que haciende los 50 m de espesor en la comunidad de las carpas, el núcleo de peroración consiste de una roca de color verdusca producto de alteración clorita con líticos angulosos de basalto y andesita ver foto de muestra de núcleo de perforación (Foto 15).



Foto 13. Afloramiento de tobas líticas de composición andesítica, Las Carpas. Coordenadas: 668974E, 1479875N.



Foto 14. Núcleo de perforación, muestra de toba lítica andesita, Las Carpas, Coordenadas: 669574E, 1485875N.





Foto 15. Bloque de toba lítica andesítica, obsérvese líticos angulosos de composición andesita sumergidos sobre una matriz de ceniza. Área de Yahosca. Coordenadas: 662558E, 1481659N.

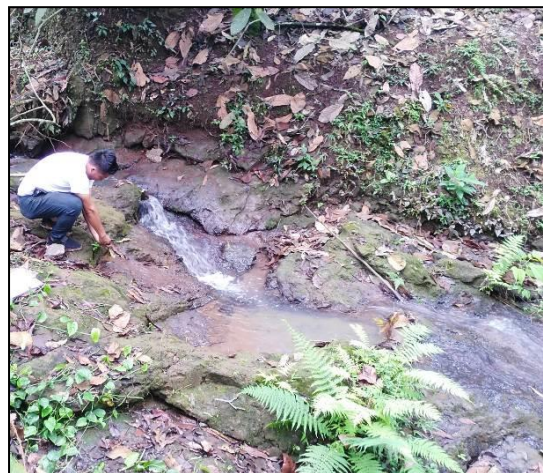


Foto 16. Afloramiento de toba lítica de composición andesíticas en la comunidad Las Carpas. Coordenadas: 664598E, 1432658N.

### 5.1.5 Unidad de Toba Riolíticas (Tmctl)

Esta unidad de rocas volcánicas del periodo Terciario y época Mioceno del coyol superior se presentan cubriendo las zonas escarpadas y de fuertes pendientes hacia el Norte del área representando las zonas más elevadas (Foto 18). Estos flujos de tobas volcánicas riolíticas se encuentran suprayaciendo horizontalmente por encima de tobas líticas andesíticas (Tmmtl) y la formación de flujo volcánico andesíticas (Tmma), de espesores inferidos de 130m representando la tercera unidad en mayor representación del 12% del mapa geológico (Figura 11).

Estas rocas son producto de erupciones violentas de flujos piroclásticos proveniente de un magma de composición de feldespatos alcalinos entre el 10 a 65% y cuarzo entre el 20% y 60%. En las zonas más elevadas estas tobas riolíticas son de tipo heteriolíticas de matriz félsica con clastos de 2cm de diámetro de pómez y líticos de 1mm con un 30% de cuarzo, estas están afectadas por alteración hidrotermal de

tipo argílica de color blanco-roza vistas hacia el Noroeste en el área Las Vallas (Foto 19), y Hacia la parte central estas tobas líticas riolíticas (Tmctl) se presentan de forma de flujo con clastos de brecha < 10cm de diámetro con alteración de tipo argílica en clastos y matriz (Foto 20 y 21).



Foto 17. Morfología de escarpe de la unidad de tobas volcánicas líticas de composición riolíticas. heteriolítica sobre una matriz fina de ceniza de Las Vallas. Coordenadas: 667458E, 1478595N.



Foto 18. Muestra de mano véase la toba lítica riolítica sobre una matriz fina de ceniza de Las Vallas. Coordenadas: 667458E, 1478595N.



Foto 19. Véase afloramiento de toba lítica riolítica de estructura brechada y pulsaciones de silicificación intensa. Las Vallas. Coordenadas: 669289E, 1471000N.



Foto 20. Caja de núcleo de toba lítica riolítica. Véase matriz alterada argílica-limonita. Foto cortesía de NicaSolum, coordenadas: 669289E, 1471000N.

### 5.1.6 Unidad Cuaternaria Aluvial (Qal)

Esta unidad ocupa la parte superior de la columna estratigráfica del área de estudio, el mapeo geológico de esta unidad de edad cuaternaria es significativa por la escala del mapeo geológico realizado, observándose mayormente en el área central en el río Yahosca (Figura 11). Esta unidad consiste de material de terraza en zonas puntuales como en los lechos de los ríos, originada a partir de transcurso antiguos y grandes crecidas de los ríos.

Esta unidad consiste por un horizonte poco compacto de coluvio-aluvial conteniendo bloques redondeados de 10 a 50 cm de diámetro contenidos en un 10 % y sumergidos en una matriz de arena y suelo residual de color gris oscuro, se registraron espesores de 5 a 10 m en los sondeos de perforación en puentes y cortes naturales en los ríos (Foto 22).



Foto 21. Terrazas aluviales en los principales ríos, puente el Calvario. Coordenadas: 665500E, 1465100N.



## 5.2 Geomorfología del Área

El estudio y clasificación de las unidades geomorfológicas se realizaron a través de la interpretación de las formas topográfica de cerros, tipo de litología, patrón de estructuras lineales, tipos de drenajes y el geoprocesamientos de imágenes satelitales (Ráster-USGS).

De acuerdo con las interpretaciones anteriormente mencionadas, se identificaron 3 unidades con sus subunidades geomorfológicas correspondientes, tomando como base las clasificaciones geomorfológicas propuestas por Van Zuidam (1975).

Las unidades presentan características morfológicas y rasgos litológicos similares, propios de ambientes tectónico-volcánicos del terciario. Estas se describen a continuación

- Unidad Origen Estructural. (S)
  - Sub-unidad de Escarpe de Falla (S12)
  - Sub-unidad de Lomos de Cerdo (S7)
- Unidad de Origen Volcánico (V).
  - Sub-unidad de Caldera (V14)
  - Sub-unidad de Campos de Lava (V9)
- Unidad de Origen Fluvial (F)
  - Sub-unidad Terrazas Fluviales (F6)

## **5.2.1 Unidad Origen Estructural (S)**

### **5.2.1.1 Sub-unidad de Escarpe de Falla (S12)**

Esta Sub-unidad se encuentra distribuida en las partes central y hacia el noreste en lugares más representativos se localizan en la comarca Yahosca (Coordenadas: 667165E, 1466660N) y las Brisas (Coordenadas: 661503E, 1468700N) (Figura 5).

Esta subunidad se sitúa en zonas de escarpe de falla específicamente en las partes más elevadas y escarpadas de los cerros en dirección NW relacionado al fallamiento principal del río Manceza, río Babaska y Yahosca, y hacia el NE esta subunidad es producto de los sistemas antiguos de caldera. La subunidad de escarpes de falla es dimensionada en áreas alargadas de longitudes de 3 km con anchos promedio de 0.3 km.

Los drenajes característicos de esta unidad son: rectangular, localizado al SE del área; y subdendrítico hacia el NE, estos patrones de drenajes se encuentran influenciados por los escarpes de fallas y zonas de fracturas, lo que permite condiciones favorables para la formación de una erosión activa.

### **5.2.1.2 Sub-unidad Lomos de Cerdos (S7)**

Esta sub-unidad se localiza en toda la parte central y hacia el Este del tramo presentes en las comarcas: el Pital (Coordenadas: 660711E, 1467373N) comarcas las Brisas (Coordenadas: 664271E, 1466916N) y municipio de Waslala (Coordenadas: 675246E, 1473015N), encontrándose relacionada a una sola estructura de fallas que han originado cerros de pendientes moderadas a abruptas entre 30° a 40° en las localidades (Foto 23).

El patrón de drenaje es paralelo, sub-paralelo y sub-dendrítico relacionado a estructuras donde la permeabilidad es secundaria debido a numerosas zonas de debilidad por fracturas presentes en rocas de composición intermedia.



Foto 22. Unidad de Lomos de Cerdos Las Carpas. Coordenadas 658875E, 1467199N.

## **.2.2 Unidad de Origen Volcánico (V)**

### **.2.2.1 Sub-unidad de Calderas (V14)**

Esta Sub-unidad se encuentra en la parte inicial del tramo, hacia el norte en la comarca el comején (coordenadas: 653111E, 1466182N), comarca El pájaro central N del tramo (coordenadas: 664271E, 1466916N) y en gran parte al final del tramo NW del municipio Waslala (coordenadas: 675246E, 1473015N) siendo la caldera principal de 2.5 km de radio originando morfología de escarpes.

El relieve de estas calderas está relacionada a cordilleras montañosas de pendientes moderadas a abruptas menores a los 50°, aunque en el interior de las mismas la pendiente cambia volviéndose abruptas (Foto 24).

Estas calderas están afectadas por estructuras moderadamente a severamente disectadas. Como estructuras circulares y Pequeños domos dacíticos

(coordenadas: 660711E, 1467373N). Las estructuras semicirculares están asociadas a zonas de fallas, las cuales provocan la aceleración de procesos de erosión y meteorización. El drenaje representativo de las calderas es radial en las zonas que rodean esta sub-unidad donde la permeabilidad de las rocas es secundaria y el origen de esta sub-unidad es efusivo, representativo de la actividad volcánica en el área de estudio.



Foto 23. Vestigio de caldera La Pozolera, Coordenadas: 674428E, 1469845N.

### **.2.2.2 Sub-unidad de Campos de Lavas (V9)**

Esta sub-unidad se encuentra en la parte sur inicial del tramo comarca el comején rancho grande y en la parte final NE municipio de Waslala del área de estudio. Las lavas se encuentran en estrecha relación con la Sub-unidad de vestigios de caldera, ya que la Sub-unidad Lavas tiene su origen debido a actividad volcánica antigua en la zona (Figura 5).

Al Noreste la topografía de esta sub-unidad es ondulante, con pendientes suaves a moderadamente y abruptas, En la parte Sur inicial del tramo la topografía es moderadamente abrupta, con elevaciones que van desde 400 hasta 650 m. El rango promedio de las pendientes para toda esta sub-unidad es menor al 45° (Foto 24).

El drenaje característico de esta sub-unidad es sub-dendrítico, con permeabilidades secundarias. Esta sub-unidad tiene morfología de cerros de diversos tamaños asociados a flujos de composición intermedia.

## **.2.3 Unidad Formas de Origen Fluvial (F)**

### **.2.3.1 Sub-unidad Terrazas Fluviales (F6)**

Esta unidad está relacionada a topografías suaves originadas por los procesos fluviales y zonas de acumulación, alcanzando amplitud en determinadas fases del desarrollo del drenaje así como en diversos sectores del mismo. Las terrazas fluviales se presentan al SW-NE del área de estudio sobre los ríos principales (Foto 25).

Esta unidad se caracteriza por la presencia de materiales recientes finos y por material de coluvión de diferente composición mayormente básica a intermedia a partir de la erosión y meteorización de las litologías presentes en el área de estudio, con pendientes que oscilan entre 0 – 5 grados. Con topografía casi plana a ligeramente con declive, donde las elevaciones varían entre 10 – 20 metros sobre el nivel del mar (Anexo C).



Foto 24. Terraza aluvial Rivera del rio mancera. Coordenadas: 669201E, 1466983N.



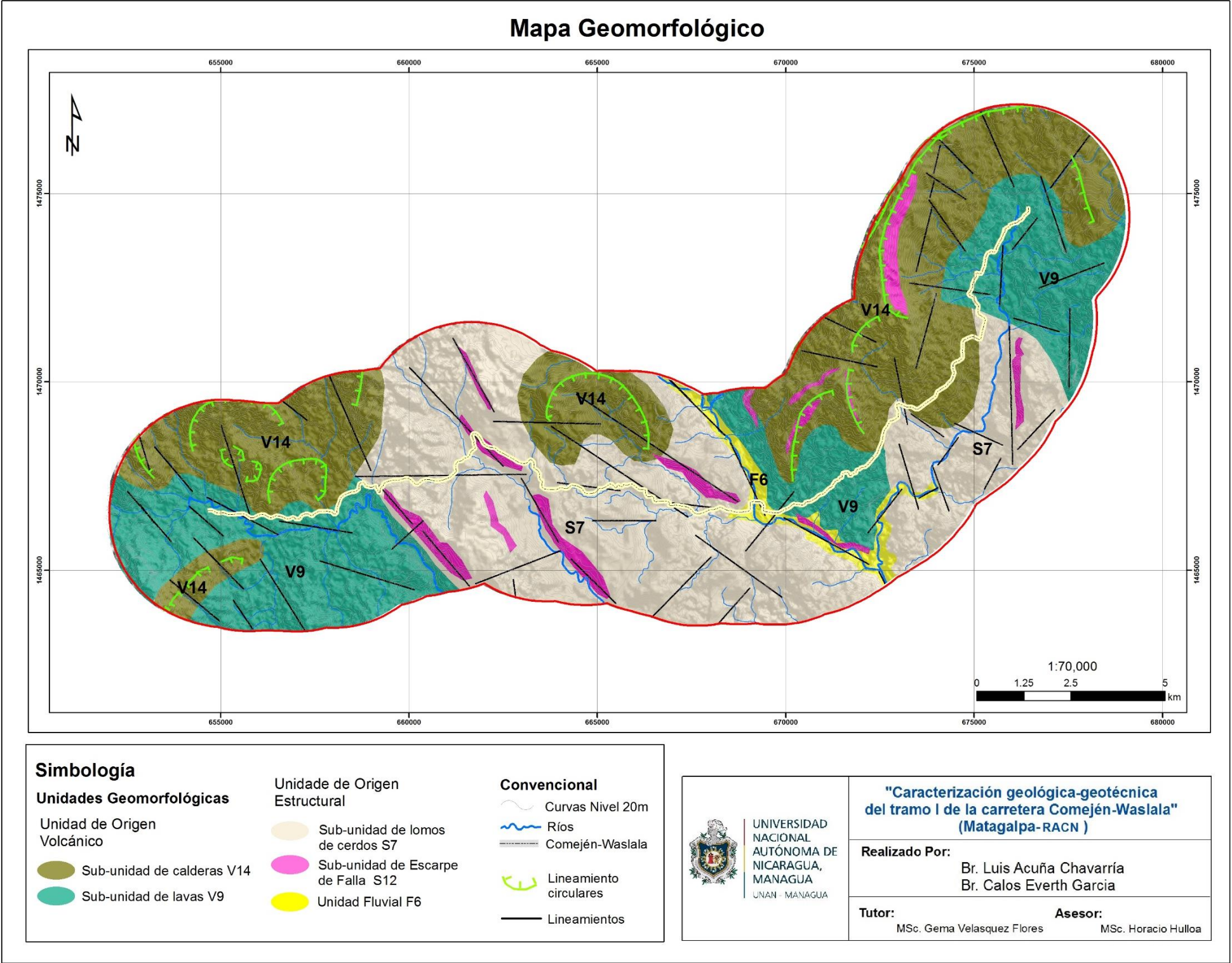


Figura 5. Mapa Geomorfológico

### **.3 Geología Estructural**

#### **.3.1 Entorno Estructural del Área de Estudio**

Regionalmente el ambiente estructural del área de estudio del tramo I carretera Comején-Waslala se caracteriza por la existencia de lineamientos de fallas normales e inversa, que a partir de datos geológicos y cósmicos, se define un patrón de fallamiento principal de dirección NW (Mapa geológico minero a escala 1:500,000.).

Para definir la dinámica de las estructuras geológicas encontrada en el área de estudio, se tomaron en cuenta los criterios de cizalla pura y cizalla simple (Figura 6) y las mediciones directas de indicadores cinemáticos que permitieron definir el sentido del movimiento relativo entre los bloques estructurales en las zonas de fallamiento.

Como resultado del análisis estructural e interpretación de mediciones sistemáticas en fallas y fracturas, y en combinación de la toma de datos estructurales de campo, se permitió asociarlas a las actividades tectónicas o bien a fallamiento local y regional desarrolladas por esfuerzos tensionales característicos de las fallas normales, inversa y transcurrete e identificar dos fases de fallamiento correspondiente a patrones NW y NE.

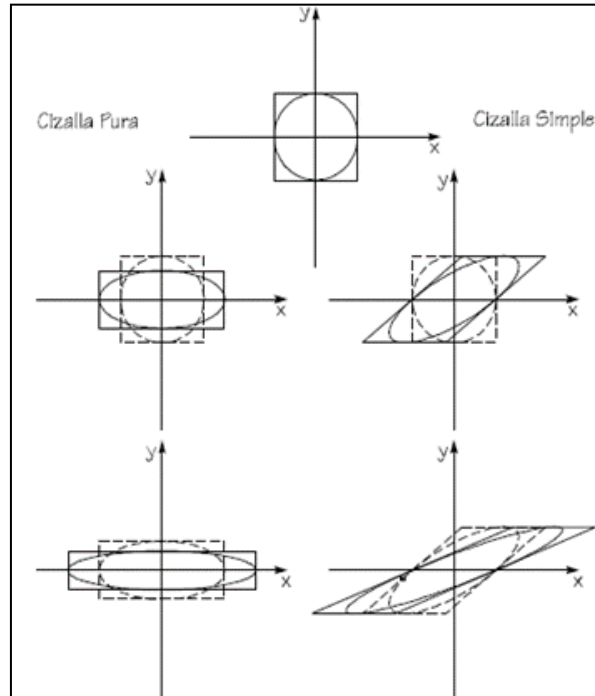


Figura 6. Comparación geométrica de los sistemas de cizalla pura y simple, mostrando la rotación progresiva de la elipse de deformación con cada incremento de cizalla simple (Tolson, 1996).

### .3.2 Indicadores Cinemáticos

Los criterios de cizalla están fundamentados en los principios básicos de fracturamiento, los cuales se utilizan como herramientas para definir el sentido de movimiento relativo de los bloques que se desplazan en zonas de cizalla.

Se describen a continuación los principales indicadores cinemáticos encontrados en el área del tramo I carretera Comején-Waslala los que fueron utilizados para el análisis estructural del área son:

- Sistemas conjugados
- Fracturas paralelas
- Sigmoides.
- Estrías y espejo de falla.

### 5.3.2.1 Sistemas Conjugados

Este tipo de sistema se produce en las zonas de cizallas donde las paredes de los bloques de la roca involucrada se deforman, lo que produce fracturas conjugadas. El ángulo agudo formado entre ambas direcciones de fractura indica la dirección del movimiento del bloque en que se encuentra contenido.

Este indicador fue notado en el corte de carretera comunidad las carpas, también se observan en las quebradas de los ríos y algunos cortes de caminos, excelentes sitios para observar este y otros indicadores cinemáticos (Foto 26).

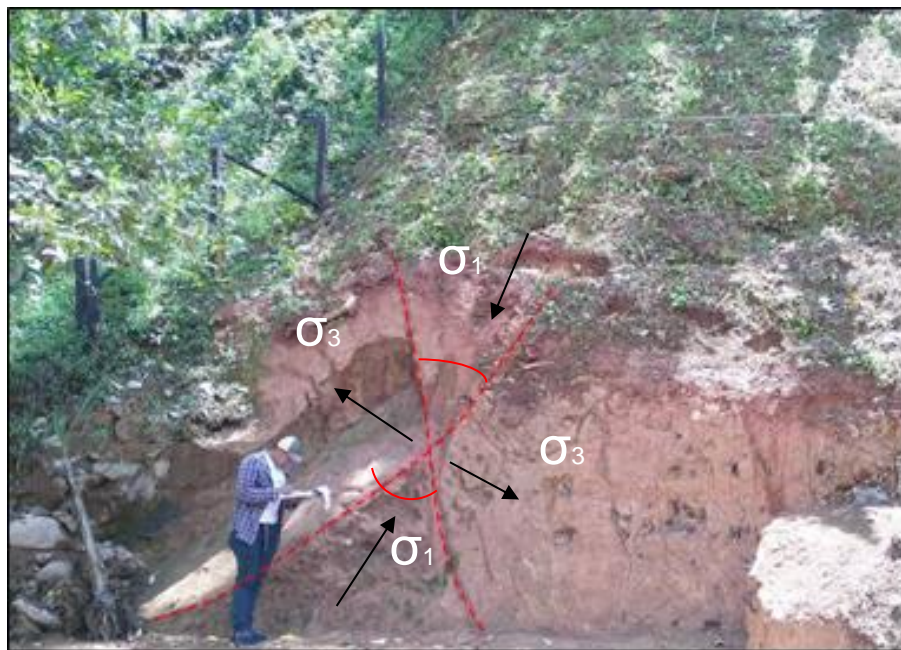


Foto 25. Sistema conjugado formando parte del patrón NW, Afectando la unidad de roca de toba lítica andesítica en la comarca Las Carpas. Coordenadas: 656141E, 1416425N.

### 5.3.2.2 Fracturas Paralelas

Estos sistemas son fracturas que rumban en la misma dirección y que delimitan zonas específicas de cizallamiento, en el área es muy común observarlas en los dos patrones de fallamiento (Figura 7).

En el patrón de fallamiento NE, el arreglo se observa comúnmente combinado con fracturas paralelas en la falla inversa, banco de material comarca El Pital 2 km fuera del tramo en dirección SW, estas estructuras paralelas es el indicador cinemático característico. Las fracturas R señalan hacia el bloque que se desplaza o que baja, y las fracturas P hacia el bloque que sube. En el área estas fracturas se encontraron comúnmente en cortes de camino (Foto 27).

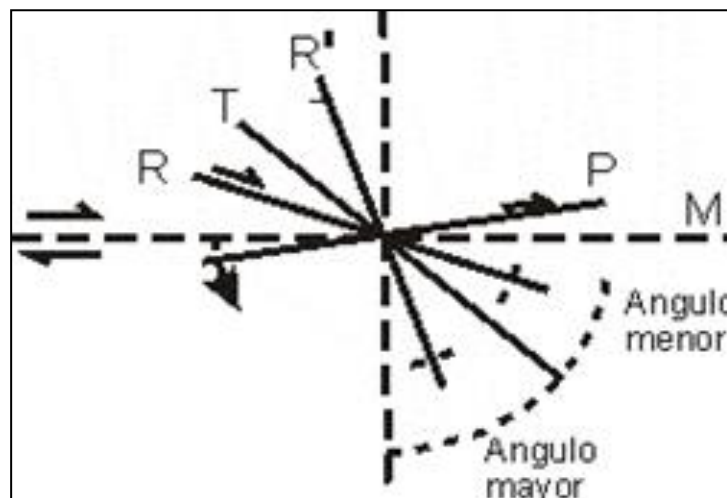


Figura 7. Fracturas secundarias asociadas a fallas mostrando las relaciones con el sentido de cizalla (Tolson, 1996).



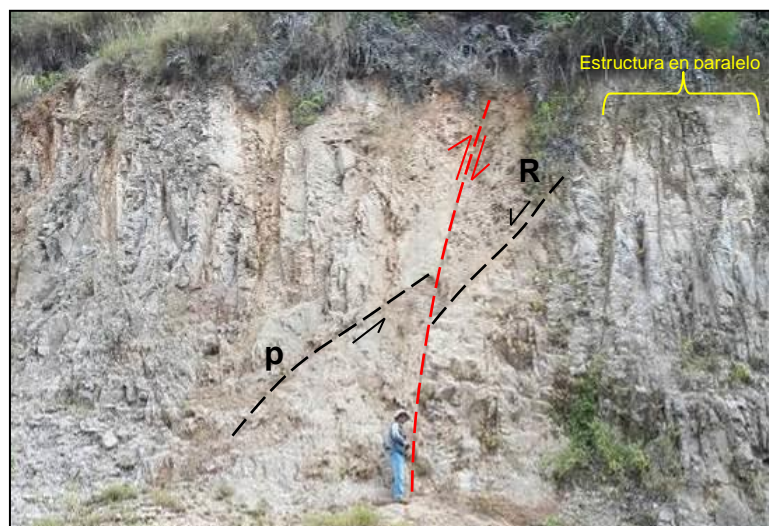


Foto 26. Fracturamiento paralelo afectando Banco de material de roca dacítica, Fallamiento inverso en patrón de fallamiento NE, comarca el Pital. Coordenadas: 661502E, 1470194N.

### 5.3.2.3 Lentas de Deformación o Sigmoides

Este sistema son lentes de cizallamiento que se forman por la intersección entre fracturas R y P (Figura 8) que inicialmente presentan arreglo en échelo, resultando de gran importancia al momento de determinar la dirección y sentido de movimiento, debido a que los extremos sigmoidal apuntan a la dirección de cizalla.

Los sistemas anastomosados en el área de estudio se presentaron en la comarca Yahosca (Foto 28). en la fotografía se muestra un afloramiento de roca toba lítica andesíticas (Tmmtl) y un deslizamiento rotacional pequeño de margen derecho afectado por una zona de deformación sigmoidal.

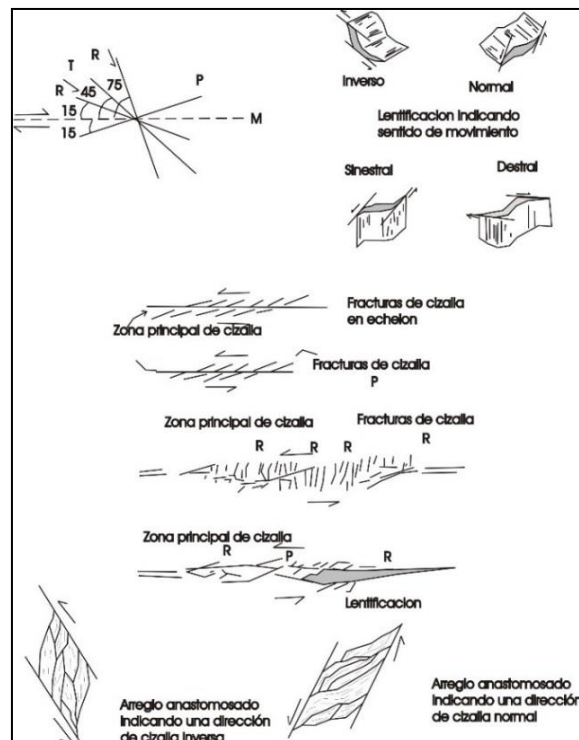


Figura 8. Mecanismo de desarrollo de estructuras sigmoides (García-Palomo, 2003).



Foto 27. Arreglo anastomosado, con zona de sigmoides indicando fallamiento normal afectando las tobos líticas andesíticas (Tmmtl), datos estructurales; fractura en dirección 158° 165° con Bz 33°, en comarca Yahosca. Coordenadas: 672994E, 1469405N.

#### 5.3.2.4 Estrías y espejos de fallas

La superficie pulimentada originada por desplazamiento de la falla, resulta una superficie estriada o áspera semejante a pequeños dientecillos conocido como espejo de fricción, indicando el sentido del movimiento relativo de la falla conforme a la dirección paralela a las estrías (Foto 29).



Foto 28. Estrías y espejo de falla, plano de falla transcurre de Rb: N90°E, Afectando a roca basalto (Tmma) El Comején. Coordenadas: 655414E, 14655779N.

#### 5.3.3 Fases de Fallamiento

Para establecer el ambiente estructural al que ha estado sometido el área de estudio fue necesario la interpretación de modelos de sombra y de imágenes satelitales que abarcan el área de las hojas topográficas (3055-I; 3155-IV) y en combinación con la interpretación de datos estructurales obtenidos de campo y el análisis de roseta de fractura, sirvieron como guía para determinar que la zona de estudio se encuentra afectada por dos patrones de fallamiento en direcciones N26°W y N33°E, ambos formados con fases de actividad tectónica, fallamiento local y regional los que se clasificaron en base al desplazamiento relativo entre ellas.



### 5.3.3.1 Fallamiento paralelo con dirección N26°W

Esta es la primera fase más representativa de la fase de deformación que afectó el área de estudio. Tiene un carácter regional por lo que se encuentra afectando toda el área y todas las unidades litológicas, este patrón origina fallamiento de tipo normal y transcurrete (Foto 30)

La exposición de los mejores afloramientos fue posible visualizarlos en los ríos, cortes de camino y puentes.

El análisis de roseta de fractura para esta fase de deformación expresa un esfuerzo máximo o compresivo  $\sigma_1$  en dirección hacia el NW-SE, Presenta una dirección preferencial de N26°W, dirección determinada por las mediciones directa en campo y con ayuda del análisis de diagrama de rosetas de fracturas (Figura 9).

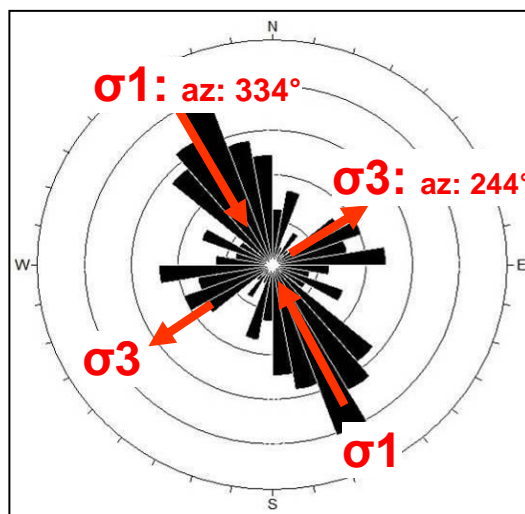


Figura 9. Diagrama de rosetas de fractura, primera fase de fallamiento presentando un esfuerzo principal máximo de compresión  $\sigma_1$ : 334°. Y el esfuerzo principal mínimo de extensión  $\sigma_3$ : 244°. Dirección determinada por las mediciones directa en campo.

Este patrón de fallamiento, denominado en este estudio como falla Comején, se extiende por aproximadamente 16 km en dirección N20°W desde inicio del tramo I carretera Comején-Waslala hasta el Norte de las comarcas las brisas. Se caracteriza por ser de tipo normal como se menciona anteriormente, se encuentran buzando en dirección SW, con ángulos de buzamiento que varían entre 65° y 74°.

Falla Las Brisas, extendiéndose por aproximadamente 4 Km desde la comunidad El Pital hasta la parte Norte de la comunidad Yahosca, falla Yahosca con extensión de 11 Km aproximadamente, desde el Rio Yahosca hasta el Municipio de Waslala.



Foto 29. Zona de fallamiento tipo sinistral o lateral izquierdo de rumbo N26°W, En comarca las Brisas. Coordenadas: 658956E, 1467127N.

### 5.3.3.2 Fallamiento paralelo con dirección N33°E

El patrón NE tiene lugar a la segunda fase de fallamiento. Este presenta un carácter semi-regional, donde se observó cortando y desplazando a las fallas más antiguas, con mayor intensidad en el área NE y SE del tramo. En base a las mediciones de campo y el análisis de las rosetas de fracturas la dirección preferencial de este patrón oscila en los N33°E (Figura 10), a esta fase se le atribuye un desplazamiento

lateral derecho y fallamiento normal, así mismo como al desplazamiento de las estructuras existente en el área de estudio (Foto 31).

Este sistema de fallas está representado por numerosas fallas de dirección NE, las cuales se sitúa en el NW, SE, SW del tramo. Las longitudes de estas fallas son variables; la más pequeña tiene un largo de 2km y la de mayor longitud de 6km.

El análisis de roseta de fractura para esta fase de deformación expresa un esfuerzo máximo o compresivo  $\sigma_1$  en dirección hacia el NE-SE, Presenta una dirección preferencial de N33°W, dirección determinada por las mediciones directa en campo y con ayuda del análisis de diagrama de rosetas de fracturas (Figura 10).

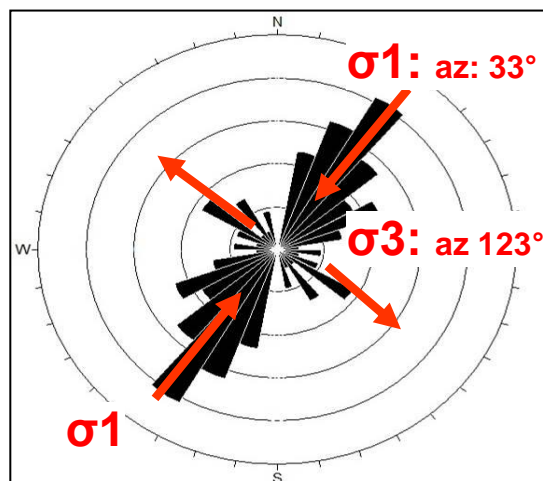


Figura 10. Diagrama de roseta de fracturas segunda fase, mostrando un esfuerzo principal máximo en dirección az: 33°;  $\sigma_1$  indica el esfuerzo principal máximo de compresión y az: 123°;  $\sigma_3$  indica el esfuerzo principal mínimo de extensión. Dirección determinada por las mediciones directa en campo como lo representa la roseta de fractura.



Foto 30. Fase de fallamiento NE, Az 90°, Bz 76°. se muestra un claro ejemplo de deformación frágil originando brecha de falla y vetillas paralelas Las Carpas. Coordenadas: 655414E, 14655779N.

### 5.3.3.3 Lineamiento Circulares

Definidos por el trabajo de campo y análisis de imágenes satelitales, tenemos el lineamiento de estructuras circulares que se pudieron dar debido a la primera y segunda fase de fallamiento regional, con patrón de dirección preferencial en tres direcciones que han permitido definir una parte de la geometría en las estructuras (estructuras circulares y calderas), sin poder definir la geometría completa de la estructura, por lo que en varias de ellas solo se observan formas semicirculares escarpadas.

La primera con un lineamiento de estructuras circulares con dirección N20°W del área que fue afectada por la primera fase, una segunda dirección N40°E ubicada en la parte central de la zona de estudio, estas pueden que fueron emplazadas y alineadas por la segunda fase de fallamiento, además por la intensa actividad volcánica del terciario y una última ubicada con dirección N60°E afectada por la segunda fase de fallamiento.



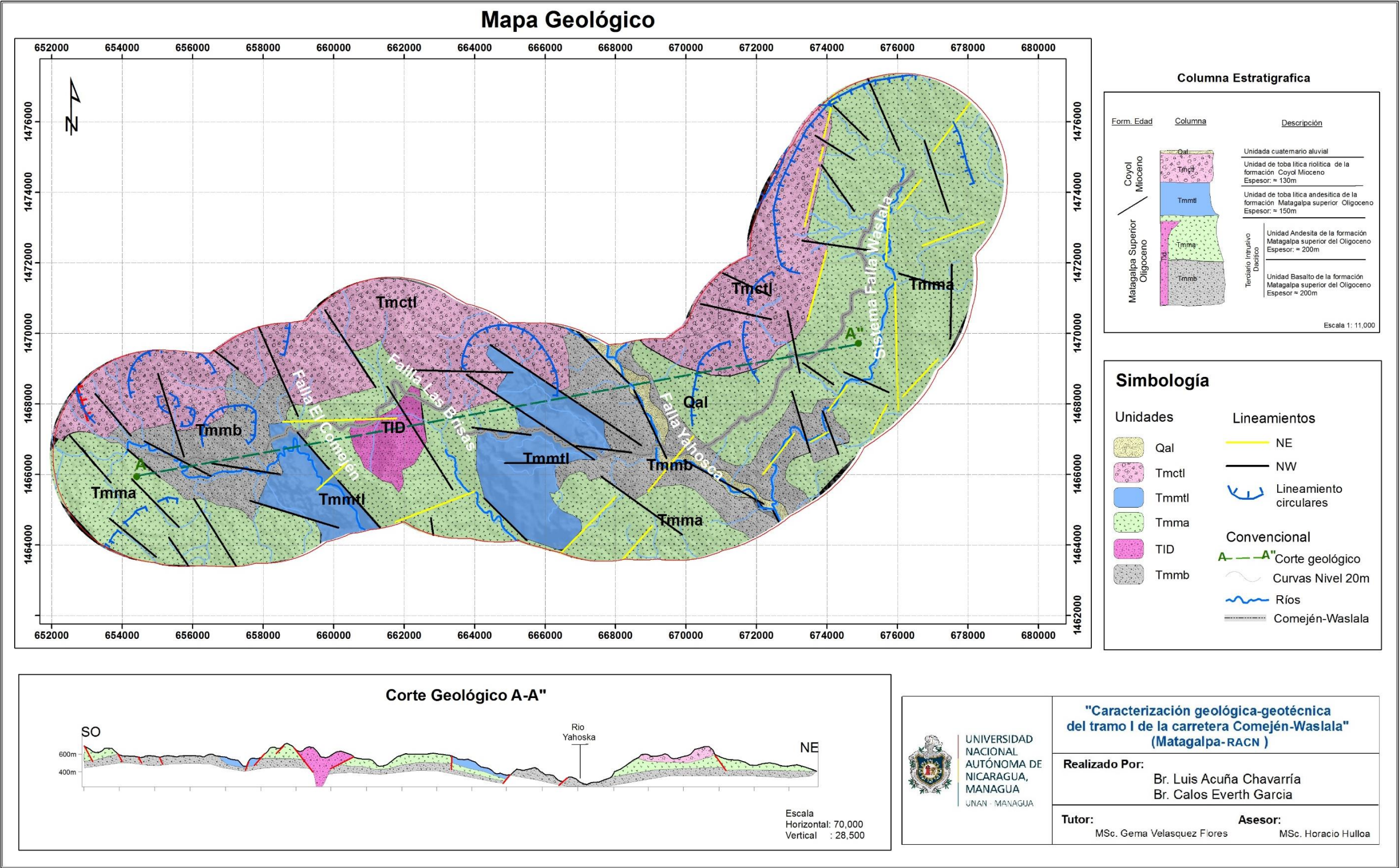


Figura 11. Mapa Geológico tramo I Comején-Waslala

## 5.4 Amenazas Geológicas

### 5.4.1 Inestabilidad del Terreno

Durante el recorrido de campo del tramo se identificaron cortes y taludes que representan condiciones susceptibles a inestabilidad del terreno con afectación al tramo. Los procesos de inestabilidad de laderas a escalas municipales son frecuentes principalmente durante la estación lluviosa, debido a la saturación de los suelos causadas por las precipitaciones.

En apoyo de interpretación geomorfológica, mapas topográficos e imágenes, es posible la elaboración del mapa de susceptibilidad con la clasificación de pendientes tipo; de terrenos planos que corresponden  $<5^\circ$ , ligeramente inclinado  $5-15^\circ$ , susceptibilidad a deslizamientos  $>15^\circ$  y de caída libre  $>45^\circ$ , según clasificación de pendientes Hubp José Lugo, 1988. En la clasificación de las Sub-unidades geomorfológicas de lomos de cerdos, escarpes de falla y sistema de estructura circulares se identifican por pendientes susceptibles a deslizamiento y caída libre (Figura 13).

A continuación se describen los principales taludes susceptibles a inestabilidad del terreno que afectan al tramo:

- **Estación 00+050**

En el estacionado 00+050 banda derecha, en las coordenadas: 653155E, 1466256N. Se observar un talud de 5m de altura y de 60 m de longitud que correspondería a posible superficie de falla de  $25^\circ$  de inclinación y con una longitud de afectación de 80 m al tramo (Foto33).



Este talud consiste de una sola masa arcilloso producto de tobas meteorizadas, presentando rasgos de inestabilidad de pequeños deslizamientos rotacionales de 3m de longitud al pie del talud y con reptación de suelos por presentar cercos y árboles inclinados, representan las condiciones desfavorables para el revenido de material o que falle (Foto 32).



Foto 31. Talud estación 00+050 El Comején. Coordenadas: 653155E, 1466256N.



Foto 32. Vista perfil talud estación 00+050 El Comején Coordenadas: 653155E, 1466256N.

- **Estación 00+150**

En el Km 00+150 hacia la banda derecha, en las coordenadas: 653138E, 1466487N. Se observa talud de 70m longitud y 10 m de altura, viéndose afectado por socavamiento producto del drenaje fluvial creando condiciones de inestabilidad como cárcavas y saturación del suelo, representando las condiciones favorables al fallamiento del talud (Foto 34).



Foto 33. Talud estación 00+150 El Comején. Coordenadas: 653138E, 1466487N.

- **Estación 01+100**

En el Km 1+100, banda derecha con coordenadas: 655146E, 1466475N, se observar un talud de 7 m de altura y 70 m de longitud. Este talud se conformado por una sola masas arcillosa sin cobertura vegetal con pendiente de 70°, véase indicadores de inestabilidad de pequeños revenimientos de tipo rotacional (Foto 35).





Foto 34. Talud estación 01+100 El Comején. Coordenadas: 653594E, 1466550N.

- **Estación 02+800**

En el Km 2+800, hacia la banda derecha con coordenadas: 656141E, 1416425N. Se observa un talud con una altura de 10 m y longitud de 38m, de pendiente 85° o vertical. Este talud consiste una masa arcillo y material fuertemente meteorizado cortado por un sistema de fracturas conjugadas y en paralelo, provocando inestabilidad de tipo cuña. En la fotografía se observa la deforestación en el talud por pobladores aumentando las condiciones de inestabilidad (Foto 36).



Foto 35. Talud estación 02+800 El Comején. Coordenadas: 656141E, 1416425N.

- **Estación 05+530**

En el Km 5+530, hacia la banda derecha con coordenadas: 657677E, 1466523N. Se observa un talud de altura de 15 m y una longitud 80m con pendiente de 50°. El talud consiste de una sola masa arcilloso de color rojizo con un evento de deslizamiento rotacional de hace dos semanas.

El deslizamiento tiene una zona de cresta de desprendiendo o corona de 4 m de desplazamiento vertical, donde las agentes erosivos de precipitación fluvial han creado cárcavas y lavado de material (Foto 37).



Foto 36. Talud estación 05+350. Las Carpas. Coordenadas: 657677E, 1466523N.

- **Estación 05+600**

En el Km 05+600, coordenadas: 654856E, 1466200N. Hacia la banda derecha un talud con altura de 15 m y una longitud 80m con pendiente de 80°. Consiste de un talud de una sola masa arcillosa igual que el talud de la estación 05+350.

La presencia de indicadores de inestabilidad como fuerte pendiente, ausencia de vegetación, cresta de 1m de desplazamiento, precipitaciones del área y socavones al pie del talud crean condiciones óptimas para la inestabilidad de posible deslizamiento tipo rotacional (Foto 38).



Foto 37. Talud estación 05+600 Las Carpas. Coordenadas: 657677E, 1466523N.

- **Estación 10+100**

En el Km 10+000, hacia la banda derecha con coordenadas: 660232E, 14672770N. Se observa un talud de 15m de altura y de 80m de longitud con pendiente de 70°.

Este talud está conformado por una capa de suelo de 0.5m de espesor y de roca basalto mediamente meteorizada. Los indicadores de inestabilidad son; de bloques de roca de 1 m de diámetro desprendidos, reptación de la capa de suelo, fuerte pendiente y presencia de manantial al pie del talud (Foto 39).





Foto 38. Talud estación 10+100 Las Brisas. Coordenadas: 660232E, 14672770N.

#### 5.4.2 Sismicidad

La zona del Pacífico de Nicaragua se caracteriza por tener una sismicidad alta la cual va descendiendo a medida que nos desplazamos hacia la zona del Atlántico, ya que la zona de Subducción es la causa de la alta sismicidad que encontramos a pocos kilómetros de la zona del pacifico la cual es conocida como Fosa Mesoamérica.

Esta placas son conocida como La Placa Coco y Placa Caribe la cuales se encuentran parte central de nuestro país y es la causa principal es la reactivación de fallas regionales o locales (Figura 3). Tomado de Burke et al, (1984), Martínez, W. (1993), Leeman et al. (1994).)

El área de estudio se encuentra en una zona de baja actividad sísmica, sin embargo, no debe descartarse una eventual actividad que pueda generar daños a la población, tomando en cuenta las vulnerabilidades existentes. Aunque la probabilidad de un eventual fenómeno de esta naturaleza sea menor, el riesgo

sísmico siempre existe y por lo tanto deben adoptarse las medidas pertinentes ante esta situación, que podría afectar a todo el municipio (SINAPRED, 2004).

La Región Central de Nicaragua se caracteriza como una zona de amenazas sísmica media esto es debido a la ocurrencia de los eventos sísmicos que han sucedido ya sea por origen tectónico o de reactividad por Fallamiento, grietas o lineamientos tectónicos regionales o locales (INETER, 1995) (Figura 12).

Dentro del área de estudio tenemos en su trayecto la comarca El Rancho Grande a pesar de no encontrarse ubicado en una zona caracterizada como sísmica, así lo indica la clasificación de nivel 4 (escala del 1 al 10) otorgada por INETER, debe considerarse siempre esta eventualidad, originados principalmente por fallas locales inactivas, las que podrían activarse a partir de otros movimientos telúricos cercanos al territorio.

Es importante tomar en cuenta, la posible influencia generada por la cercana presencia de una zona de debilidad estructural denominada Graben o Depresión Nicaragüense, que abarca la cadena volcánica cuaternaria, los grandes lagos y Lagunas cratéricas (INETER, 1995).

Para la zona del área de Rancho Grande y Waslala se ha calculado una aceleración máxima de los suelos de  $1.5 \text{ m/s}^2$  aproximadamente (Resis II, 2012).



Figura 12. Zonificación de Sísmica de Nicaragua (INETER, 1995).



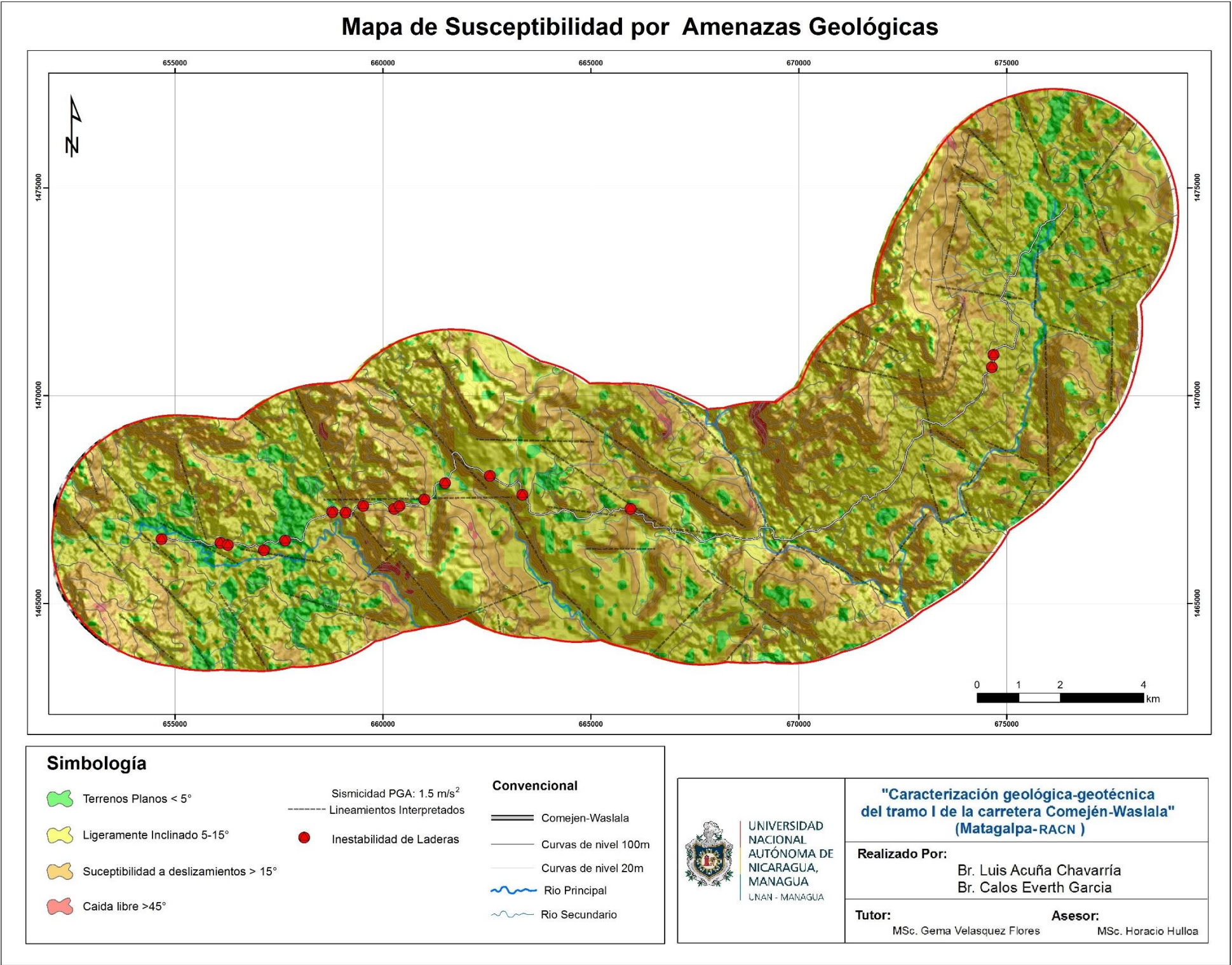


Figura 13. Mapa de Susceptibilidad por amenazas geológicas



## 5.5 Caracterización Geotécnica

Para la descripción de las propiedades índices y mecánicas del tramo I carretera Comején-Waslala se obtuvieron resultados geotécnicos proporcionada por la empresa Lamsa, en las que se analizaron y filtraron los datos para la obtención de la cartografía geotécnica del tramo. Los ensayos realizados fueron según normas ASTM o AASHTO vigente en Nicaragua.

En las muestras procedentes de los sondeos manuales, su clasificación fue acuerdo al procedimiento, para determinar el valor de CBR en condición de saturación, según la normativa (ASTM D-32827). Para las muestras de los sondeos de perforación SPT. Se usó la clasificación de la normativa (ASTM D-24876) (Tabla 1).

Tabla 1. Tabla de ensayos y normas que se tomaron en cuenta, para la determinación de las propiedades índice de los materiales.

Nº	Prueba	Ensayo o Norma ASTM o AASHTO
1	Análisis Granulométrico	ASTM D-422 ó AASHTO T-88
2	Límite Líquido	ASTM D-423 ó AASHTO T-89
3	Límite Plástico e Índice de Plasticidad	ASTM D-424 ó AASHTO T-90
4	Clasificación HRB	ASTM D-3282 ó AASHTO T-145
5	Proctor Estándar	ASTM D-698 ó AASHTO T-99
6	CBR	ASTM D-1883 ó AASHTO T-193

Unidades que apoyan para la caracterización de las propiedades índice y mecánica de los suelos fueron los siguientes ensayos sobre el tramo:

- Muestreos sobre los sondeos de Línea
- Sondeos para determinación de Bancos de Materiales.
- Mezclas de Bancos para determinación de resistencia óptima.
- Sondeos SPT sobre la Estructura de drenaje Mayor

### **5.5.1 Muestreo sobre los Sondeos de Línea**

Esta unidad de trabajo es el resultado del reconocimiento geotécnico y la aplicación de una metodología de levantamiento de campo, la cual se aplicó a lo largo de 31.3 km de longitud del tramo, de esta manera se optimizó los sondeos manuales de línea, que ayudaron a agilizar los trabajos respecto los avances planteados de la obra.

Todos estos muestreos y ensayos de suelos se realizaron a partir de una clasificación visual, para luego determinar la variación en la distribución de sus granos y en sus Consistencia, mediante la variación de humedades. La consistencia de estos suelo, así mismo como las fuerzas físicas de cohesión y adhesión que actúan bajo varios estados de humedad, en síntesis. La resistencia a la deformación o ruptura de los suelos ensayados cuando se aplica una fuerza. La consistencia varía con la textura, materia orgánica, cantidad y naturaleza del material coloidal hasta cierto punto con la estructura y especialmente con el contenido de humedad. (Terzaghi en 1926).

Se elaboraron 314 sondeos a lo largo del tramo de 31.30 km de longitud con profundidades promedio de 0.3 metros y máximas de 1.5 metros y sus respectivos ensayos (Figura 14). La ubicación de los sondeos fue a cada cien metros conforme al estacionado, alternadamente al centro, izquierda y derecha de la carretera. (Foto 40). Usando la clasificación adecuada, para la ingeniería de carreteras como el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), y posterior mente adoptado por la ASTM American society of testing materiales se determinaron las siguientes clasificaciones de suelos.



Foto 39. Sondeo de línea No 232, Estación. 23+ 100, en el cual se refleja la metodología que se empleó para cada sondeo y toma de muestra ínsito. Coordenadas: 672911E, 1469007N (MTI, 2017).

Basados en los CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California) el cual mide la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, permitió la evaluación de la calidad del terreno para subrasante, sub base y base de pavimentos. Bajo condiciones controladas de humedad y densidad.

Según los resultados de los ensayos practicados en el laboratorio se obtuvieron de manera general las muestras compactadas al 90%, 95% y 100% Proctor Estandar, para suelos de poca consistencia tipo A-7-6 fueron del orden de 1.23 a 6.03%, para suelos intermedios A-7-5 de 2.66 a 6.87%, para A-2-6 de 6.74 a 30.33%, y para A-6 de 2.66 a 6.35.

Estas muestras obtenidas de los suelos y materiales recobrados se almacenaron y rotularon en unidades plásticas adecuadamente indicando el número de muestra e identificación de campo así como el estacionamiento y ubicación correspondiente al centro, derecha, o izquierda de la línea central de la carretera (Foto 40).

En el cartografiado geotécnico se tomaron en cuenta tres tipos de factores condicionantes a problemáticas de tipo:

- **Problema Geomorfológico**

Se analizaron los principales rasgos morfológicos que pueden ocasionar repercusiones sobre las condiciones constructivas del tramo I, entre los principales rasgos:

Pendientes inferiores a 5° la estabilidad natural es buena, siempre y cuando no sea alterada por el hombre y las condiciones hidrológicas.

Pendientes que oscilan entre 15 a 45° se consideran propensas a abarrancamientos y deslizamientos.

- **Problemas Hidrológicos**

Hidrogeológicamente los parámetros de formaciones de redes hidrográficas constituyen acuíferos libres provenientes del agua de lluvia a través de los materiales, y se descargan mediante drenajes y manantiales que drenan el sistema de partes bajas (Rio Yahoska, El pájaro y La Flores).

El drenaje superficial está constituido por una red muy densa de cursos de agua adaptados a la topografía ocasionando drenajes de malas condiciones por escorrentía superficial, estos patrones de drenajes se encuentran influenciados por los escarpes de fallas y zonas de fracturas, lo que permite condiciones favorables para la erosión activa.

El conjunto del sustrato es fundamentalmente permeable asociado a fracturas y al tipo de suelo arenosos presenté, donde el carácter arenoso hace posible la existencia de pequeños acuíferos aislado a zonas de fracturas.

- **Problemas Geotécnicos**

Se analizaron las principales características geotécnicas desfavorables de suelos de baja capacidad de carga y suelos de comportamiento hidroscopicos según resultados de límites de Atterberg (Anexo F).

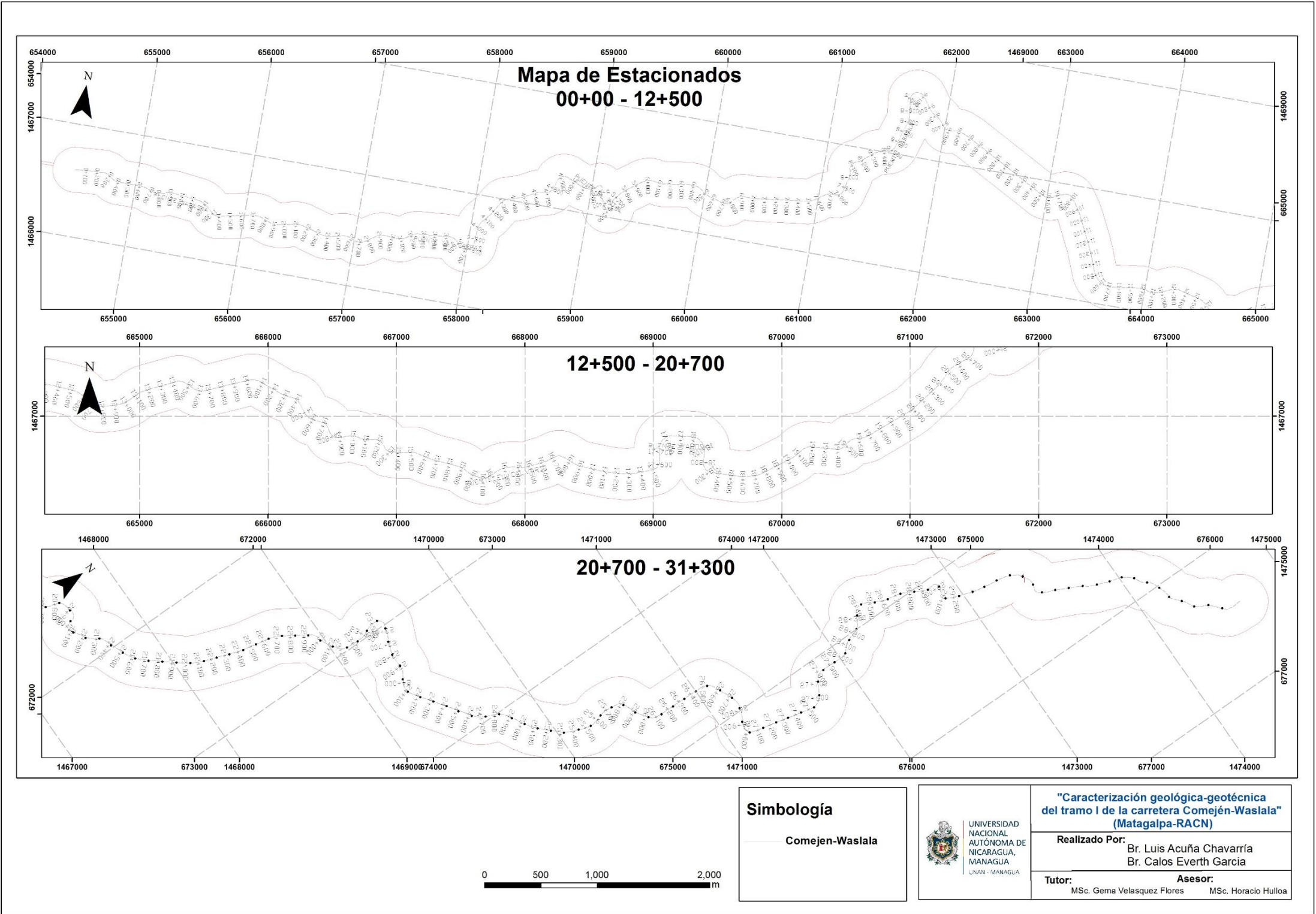


Figura 14. Mapa de Estacionado.

## **5.5.2 Sondeos para la Determinación de Bancos de Materiales**

Para la optimización de los costos de los materiales unos de los requerimientos necesarios es la identificación y distribución espacial de todos los bancos materiales así como la estructura de los suelos que lo conforman y capacidad de soporte de cada banco requerido para esto se elaboró un mapeo y posteriormente se procede a elaborar una clasificación geotécnica de cada banco basados en la normativa ASTM.

Como resultado se lograron definir y estudiar 6 bancos en total, en cuatro de ellos se realizaron 3 sondeos por ser fuentes en explotación y en los otros dos, se realizaron 5 sondeos por ser fuente de material nuevo. Con el objetivo de confirmar con mayor exactitud su uso potencial y la cantidad disponible a explotar (Figura 21).

### **5.5.2.1 Banco No.1 Julia Martínez**

Se realizaron tres calicatas para el banco 1 (Figura 15), Ubicado en la propiedad de Julia Martínez, estas se realizaron de 3 metros de profundidad obteniendo en la primera calicata hacia norte del banco un material de grava arenosa arcillosa de color café (A-2-6), de límite líquido de 37% de hinchamiento medio y de baja plasticidad IP: 16%. (Foto 4)

Para las dos siguientes calicatas ubicadas hacia el sur del banco, se obtuvo un material que varía entre; limo arcillo arenoso y arena limo arcillosa de tipo A-7-6 (AASHTON), con valores de limite liquido entre los 52% y 56% de alto hinchamiento, y entre los 24% y 26% de baja plasticidad (Foto 41 y 42).





Foto 40. Banco No 1, Julia Martínez, Calicata 2. Coordenadas: 655331E, 1465600N. (MTI, 2017)



Foto 41. Banco No 1, Julia Martínez, Calicata 3. Coordenadas: 655349E, 1465554N. (MTI, 2017)

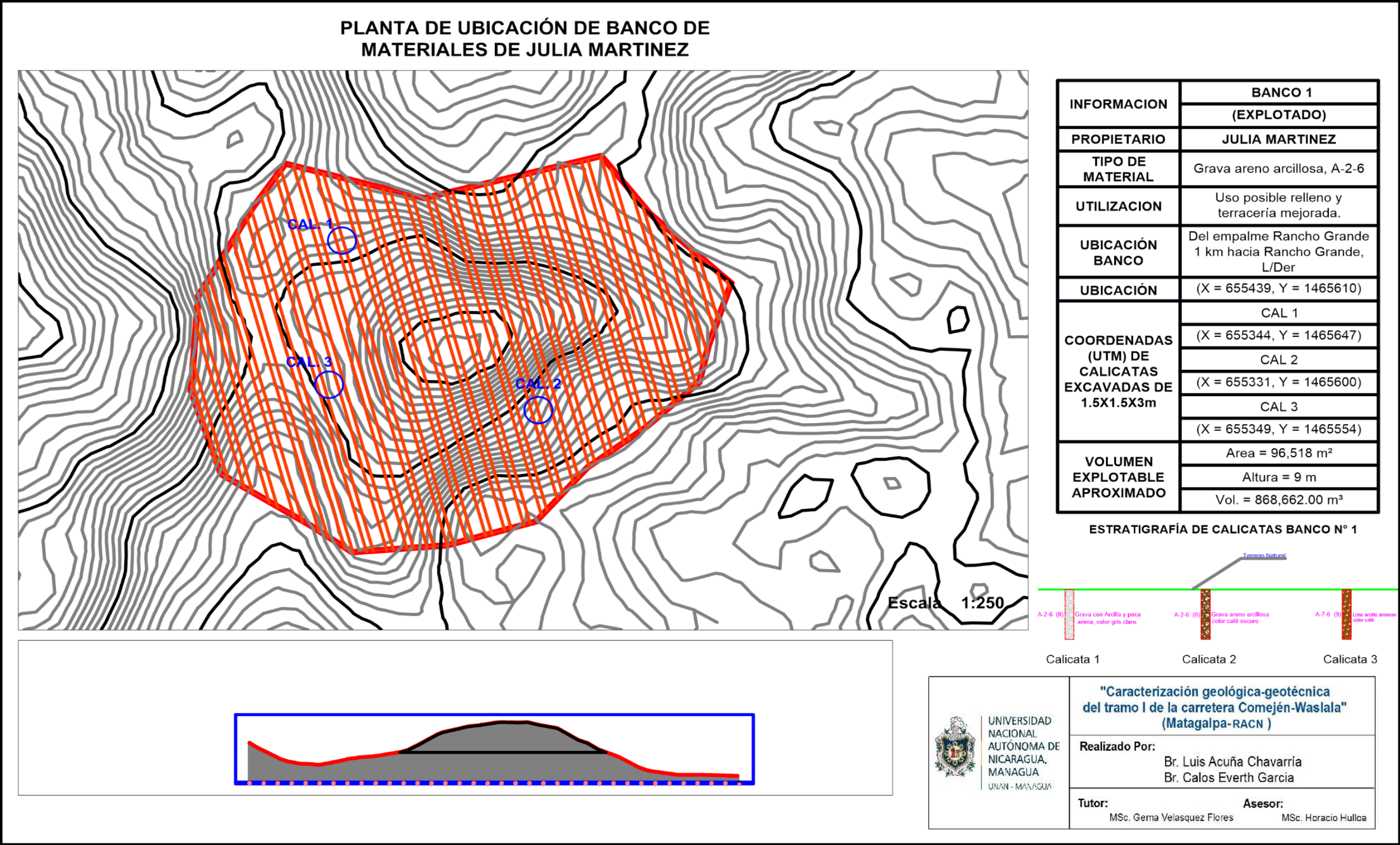


Figura 15. Planta de ubicación de banco de material Julia Martínez.

### 5.5.2.2 Banco No.2 Arnulfo Lagos

Se realizaron cinco calicatas para el banco No.2 ubicado en la propiedad de Sr. Arnulfo Lagos, estas se realizaron de 3 metros de profundidad, donde se obtuvieron tres zonas con diferentes materiales agrupados por resultados de calicatas (Figura 16); por la zona de la parte norte del banco se idéntico un material tipo arena con grava y limo (A-2-4) de bajo potencial de hinchamiento por limite liquido de 24% y ligeramente plásticos de IP: 9% (Foto 43).

Hacia la parte suroeste por las calicata 2 y 5 se obtuve un material tipo grava arenosa poco limo (A-1-a), de bajo potencial de hinchamiento por limite liquido de 26% y ligeramente plásticos por IP: 6% (Foto 44 y 47).

Hacia la parte sureste del banco se encuentran las calicatas 3 y 4 con un material tipo grava arenosa con poco limo y arenas limosas tipo (A-2-6), con un grado bajo de hinchamiento por limite liquido de 33% y plasticidad tipo ligera IP: 11%. (Foto 45 y 46).

En general se encontró material rocoso con desgaste Los Ángeles de 32.5% a 39.9% e intemperismo acelerado de 8.42% a 14.66%.



Foto 42. Banco No 2, Arnulfo Lagos, Calicata 1. Coordenadas: 659471E, 1466909N. (MTI, 2017)





Foto 43. Banco No 2, Arnulfo Lagos, Calicata 2. Coordenadas: 659521.00E, 1466842.00N. (MTI, 2107)



Foto 44. Banco No 2, Arnulfo Lagos, Calicata 3. Coordenadas: 659656E, 1466798N. (MTI, 2017)



Foto 45. Banco No 2, Arnulfo Lagos, Calicata 4. Coordenadas: 659623E, 1466862N. (MTI, 2017)



Foto 46. Banco No 2, Arnulfo Lagos, Calicata 5. Coordenadas: 659552E, 1466862N. (MTI, 2017)

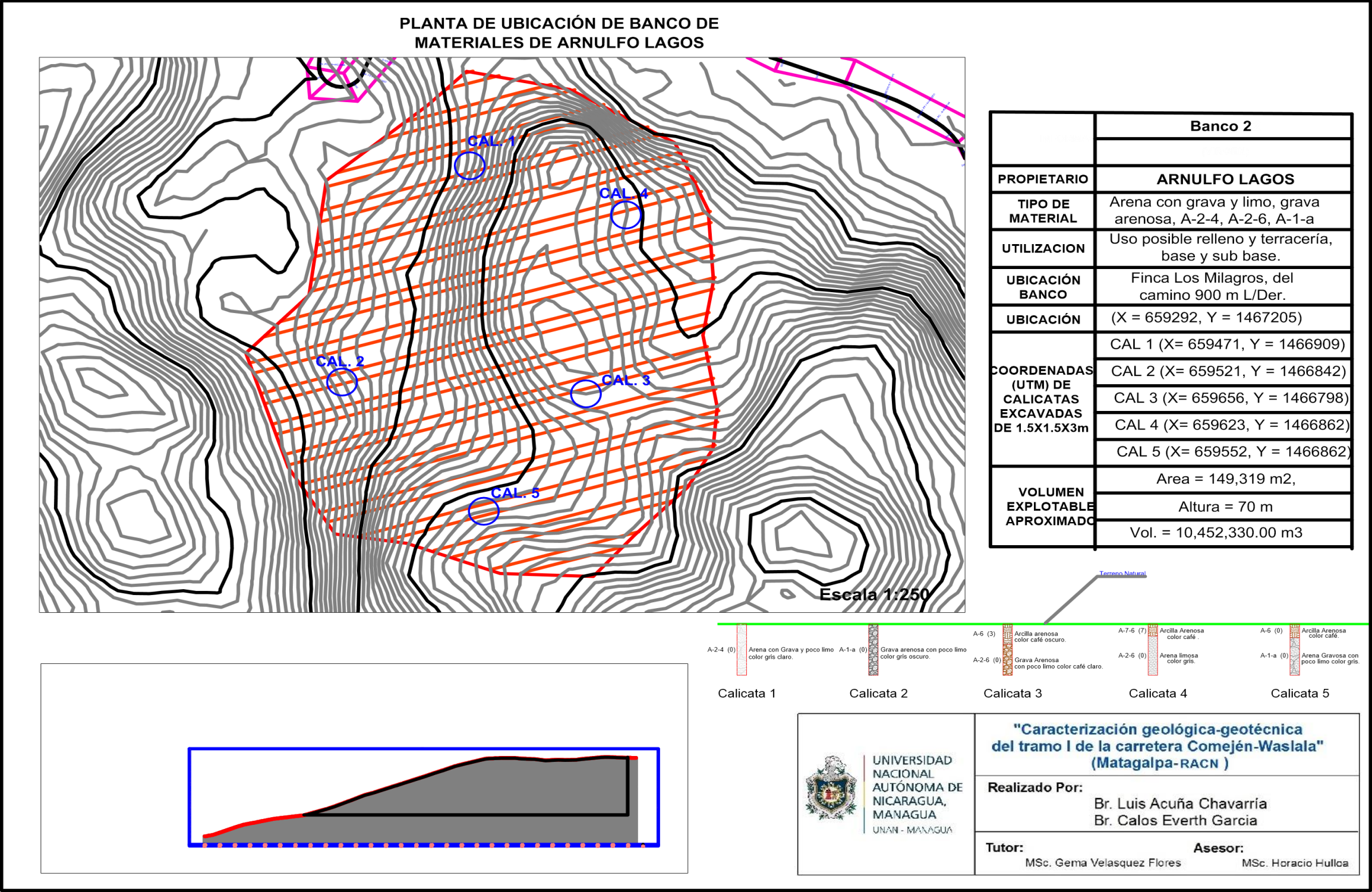


Figura 16. Planta de ubicación de banco de material de Arnulfo Lagos.

### 5.5.2.3 Banco No.3 Manuel González

Se realizaron cinco calicatas para el banco No.3 ubicado en la propiedad de Sr. Manuel González (Figura 17), estas se realizaron de 3 metros de profundidad, donde se obtuvieron tres tipo de diferentes materiales. En la calicata 1 se obtuvo un material tipo grava areno limosa (A-1-a) de bajo grado de hinchamiento por límite líquido de 26% y ligeramente plástico IP: 6% (Foto 48).

La calicata 2 consiste de un material de arena limosa con grava (A-2-6) de bajo índice de hinchamiento LL: 35% y ligeramente plástico IP: 13% (Foto 49). Calicata 3, 4 y 5 son de material tipo arena limosa con poca grava (A-2-4) de hinchamiento medio por LL: 30 a 35% y legeramente plástico de IP: 6 a 10% (Foto 50, 51 y 52).

Este banco de material posee un desgaste Los Ángeles de 31.7% a 41.30% e intemperismo acelerado de 16.8% a 27.62%.



Foto 47. Banco No 3, Manuel González, Calicata 1. Coordenadas: 659471E, 1466909N. (MTI, 2017)



Foto 48. Banco No 3, Manuel González, Calicata 2. Coordenadas: 659521E, 1466842N. (MTI, 2017)





Foto 49. Banco No 3, Manuel González, Calicata 3. Coordenadas: 659656E, 1466798N. (MTI, 2017)



Foto 50. Banco No 3, Manuel González, Calicata 4. Coordenadas: 659623E, 1466862N. (MTI, 2017)



Foto 51. Banco No 3, Manuel González, Calicata 5. Coordenadas: 659552E, 1466862N. (MTI, 2017)

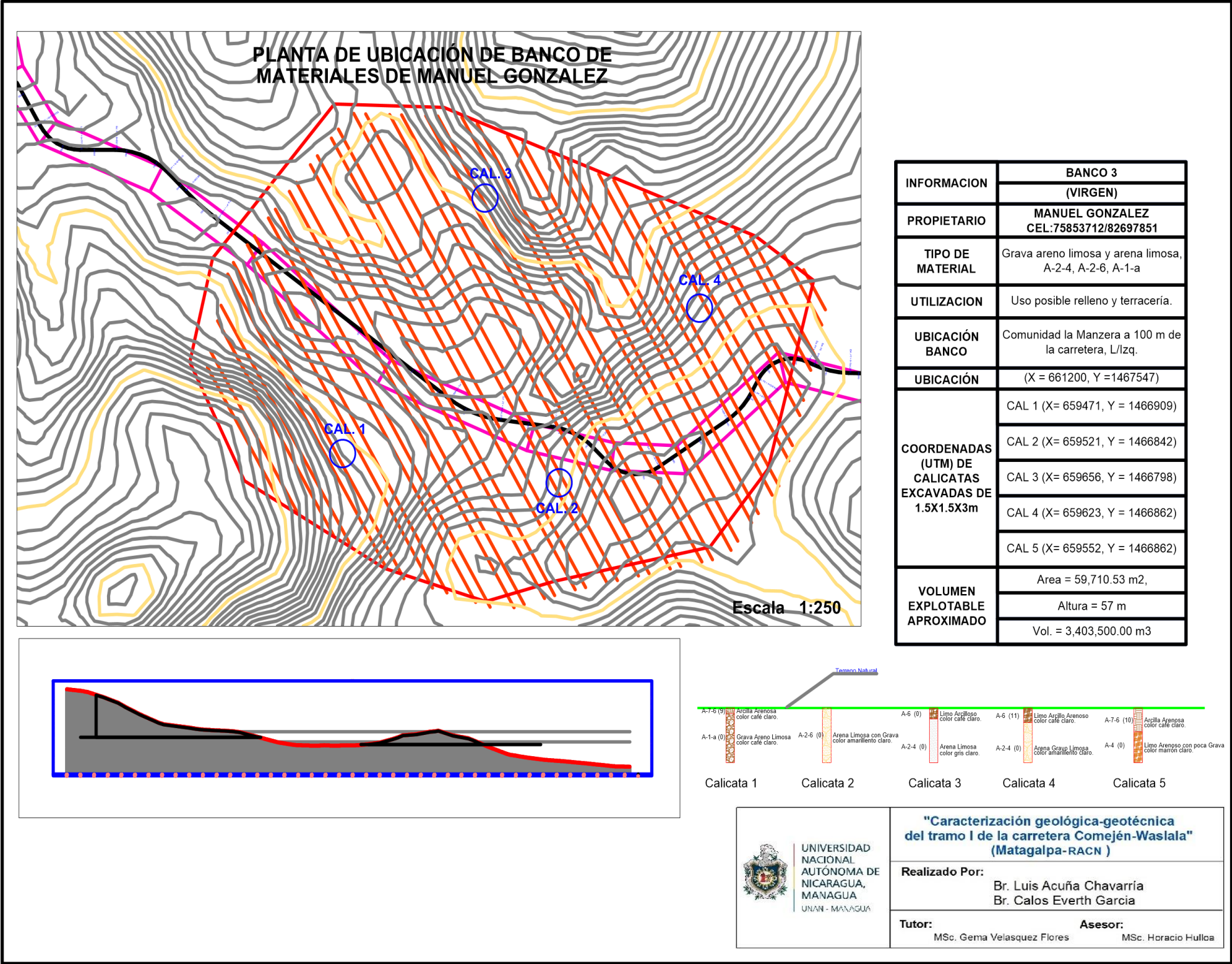


Figura 17. Planta de ubicación de banco de material de Manuel González.

#### 5.5.2.4 Banco No.4 José Orlando

Se realizaron tres calicatas para el banco No.4 ubicado en la propiedad de Sr. José Orlando (Figura 18), se realizaron de 0.6 a 3.0 metros de profundidad, donde se obtuvo un solo tipo de material tipo grava arena con poco limo (A-2-4) de bajo potencial de hinchamiento por limite liquido entre los 21% al 30% y ligeramente plásticos de IP: 5% al 8% (Foto 53, 54 y 55).

Se encontró material rocoso con desgaste Los Ángeles de 31.6% a 38.4% e intemperismo acelerado de 5.8% a 8.39%.



Foto 52. Banco No 4, José Orlando Cortedano, Calicata. Coordenadas: 667164E, 1466132N. (MTI, 2017).



Foto 53. Banco No 4, José Orlando Cortedano, Calicata 2. Coordenadas: 667213E, 1466136N. (MTI, 2017).



Foto 54. Banco No 4, José Orlando Cortedano, Calicata 3, Coordenadas: 667190E, 1466170N. (MTI, 2017).



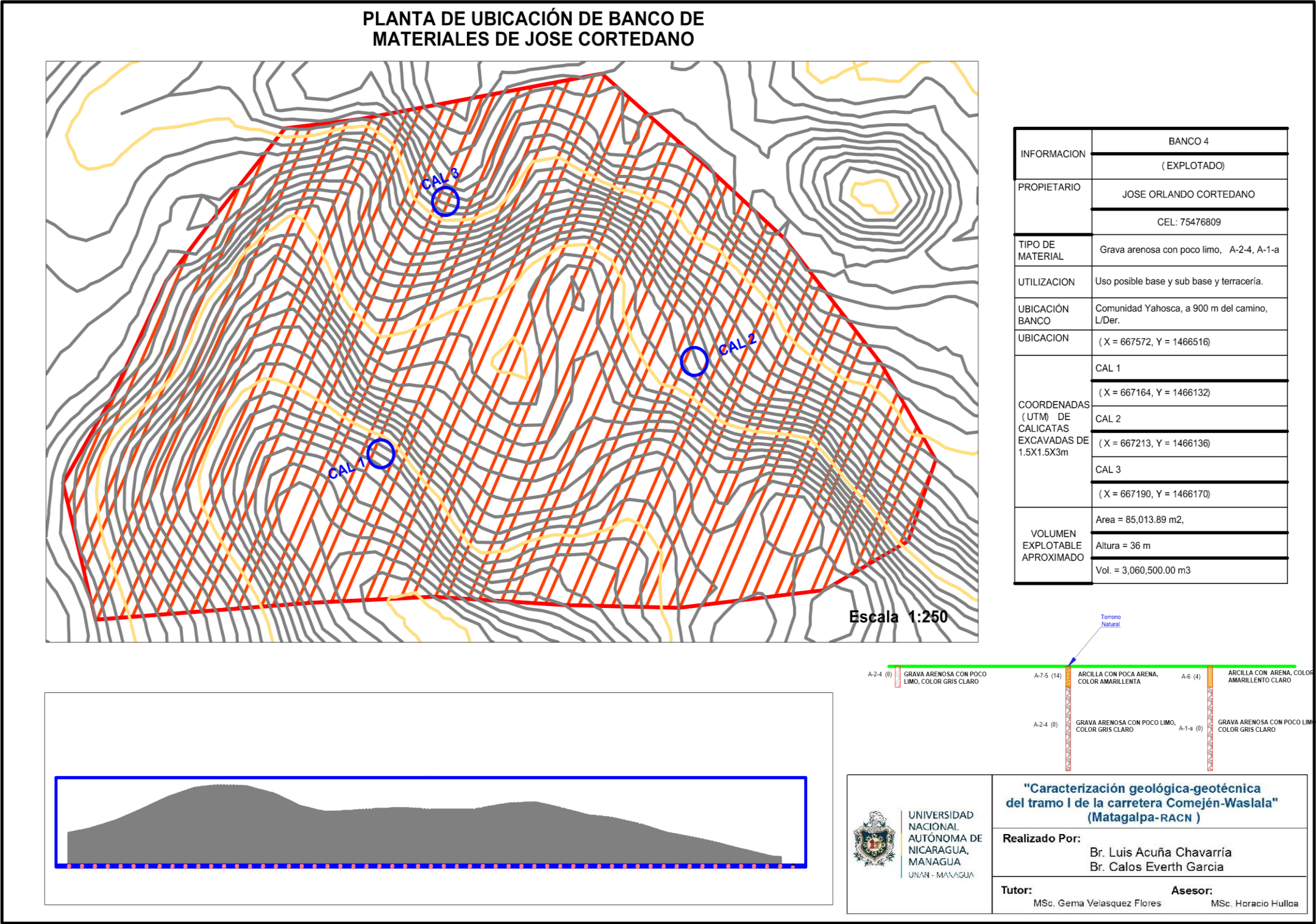


Figura 18. Planta de ubicación de banco de material de José Cortedano

### 5.5.2.5 Banco No.5 Adán Roa

Se realizaron tres calicatas para el banco No.5 ubicado en la propiedad del Sr. Adán Roa (Figura 19), de 2 metros de profundidad, se obtuvieron dos tipo de suelos con una variación en su clasificación granulométrica por cantidad de limo, hacia el norte del banco se ubica la calica 3 con una clasificación de material tipo grava areno limosa (A-2-6), de hinchamiento medio por valor de LL: 38% y de plasticidad ligera IP: 12%. (Foto 58)

Hacia el sur se ubicaron las calicatas 1 y 2 de material tipo gravas arenosas con poco limo (A-2-4), de hinchamiento medio por valor de LL: 27% a 31% y de plasticidad ligera IP: 9% a 10%. Se encontró material rocoso con desgaste Los Ángeles de 29.6% a 32% e intemperismo acelerado de 2.86% a 5.60% (Foto 56 y 57).



Foto 55. Banco No. 5, Adán Roa, Calicata 1. Coordenadas: 668622E, 1467014N. (MTI, 2017).



Foto 56. Banco No. 5, Adán Roa, Calicata 2. Coordenadas: 668490E, 1467198N. (MTI, 2017).



Foto 57. Banco No 5, Adán Roa, Calicata 3. Coordenadas: 668523E, 1467171N. (MTI, 2017).



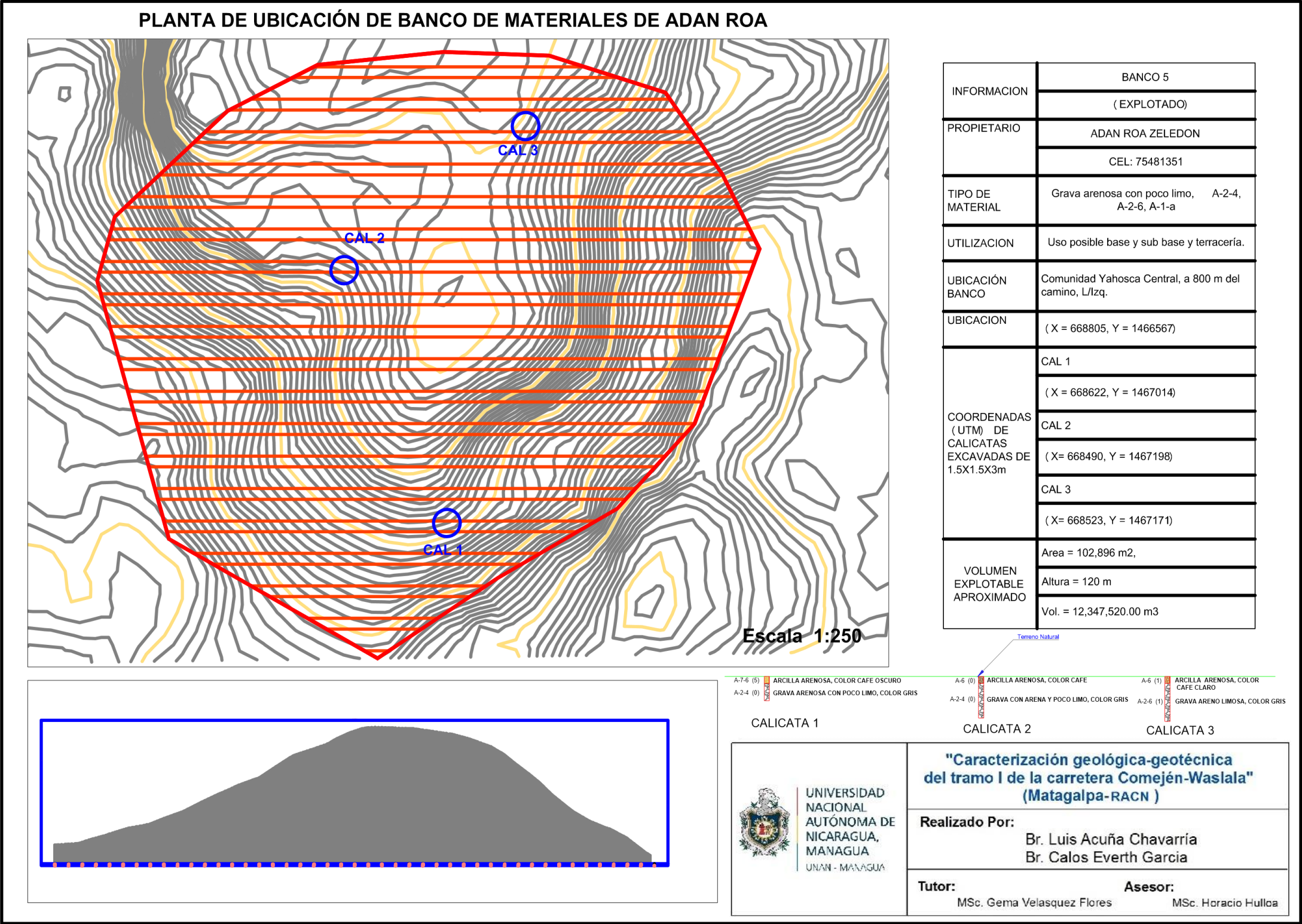


Figura 19. Planta de ubicación de banco de material de Adán Roa



#### 5.5.2.6 Banco No.6 Pedro Orozco

Se realizaron 5 calicatas para el banco No.6 ubicado en la propiedad de Sr. Pedro Orozco (Figura 18), de 0.6 a 3.0 metros de profundidad, donde se obtuvo un solo tipo de material de grava arenosa con poco limo (A-1-a y A-2-4) de bajo potencial de hinchamiento por limite liquido entre los 21 a 32% y ligeramente plásticos de IP: 5 al 10%. ( Foto 59, 60, 61, 62 y 63)

Se encontró material rocoso con desgaste Los Ángeles de 28% e intemperismo acelerado de 7.58%.



Foto 58. Banco No 6, Pedro Orozco, Calicata 1. Coordenadas: 671372E, 1470375N. (MTI, 2017)



Foto 59. Banco No 6, Pedro Orozco, Calicata 2. Coordenadas: 671397E, 1470326N. (MTI, 2017)



Foto 60. Banco No 6, Pedro Orozco, Calicata 3. Coordenadas: 671460E, 1470469N. (MTI, 2017)



Foto 61. Banco No 6, Pedro Orozco, Calicata 4. Coordenadas: 671562E, 1470452N. (MTI, 2017)



Foto 62. Banco No 6, Pedro Orozco, Calicata 5. Coordenadas: 671682E, 1470387N. (MTI, 2017)

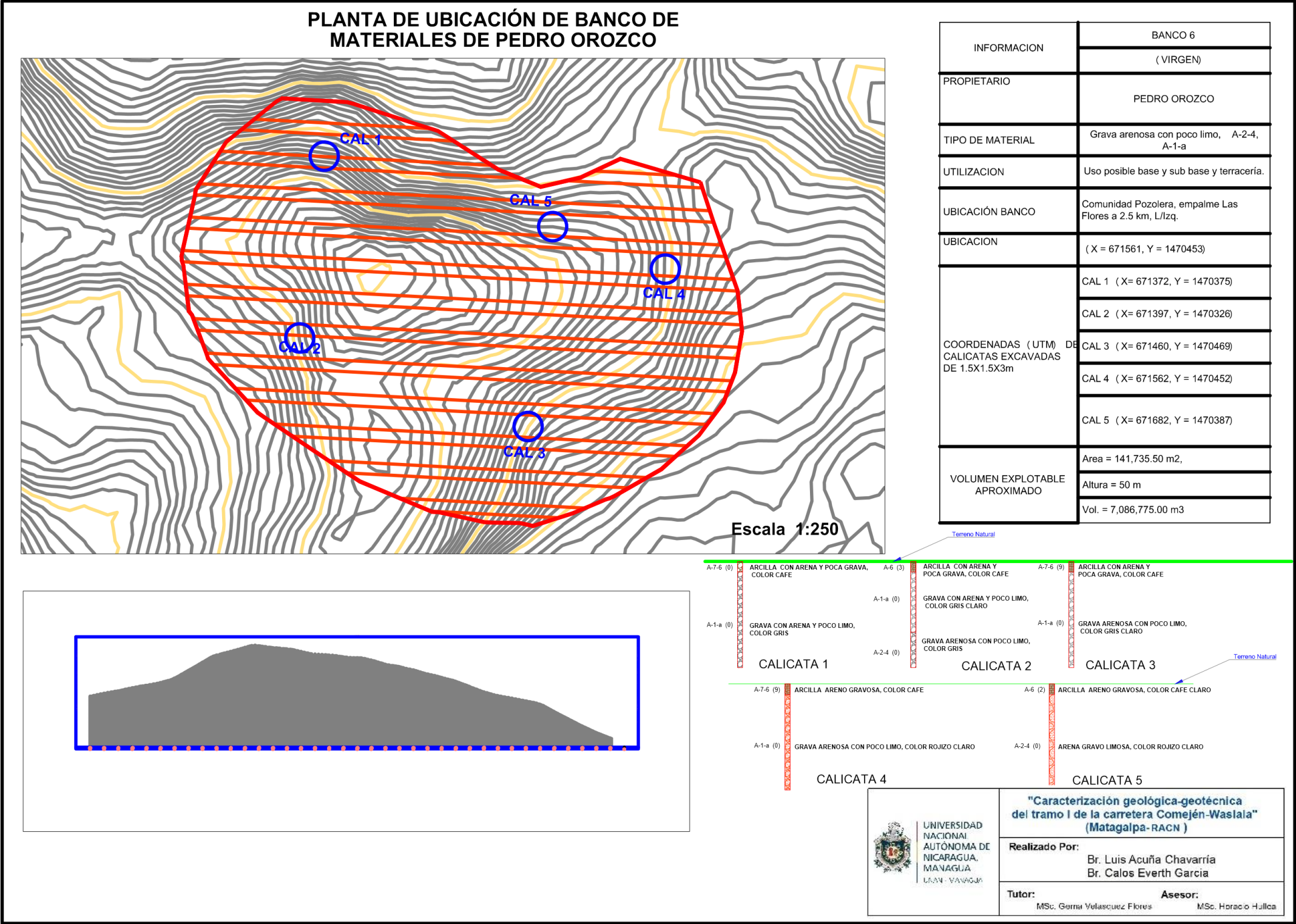


Figura 20. Planta de ubicación de banco de materiales de Pedro Orozco



## Caracterización geológica-geotécnica del tramo I carretera Comején-Waslala (Matagalpa-RAAN)

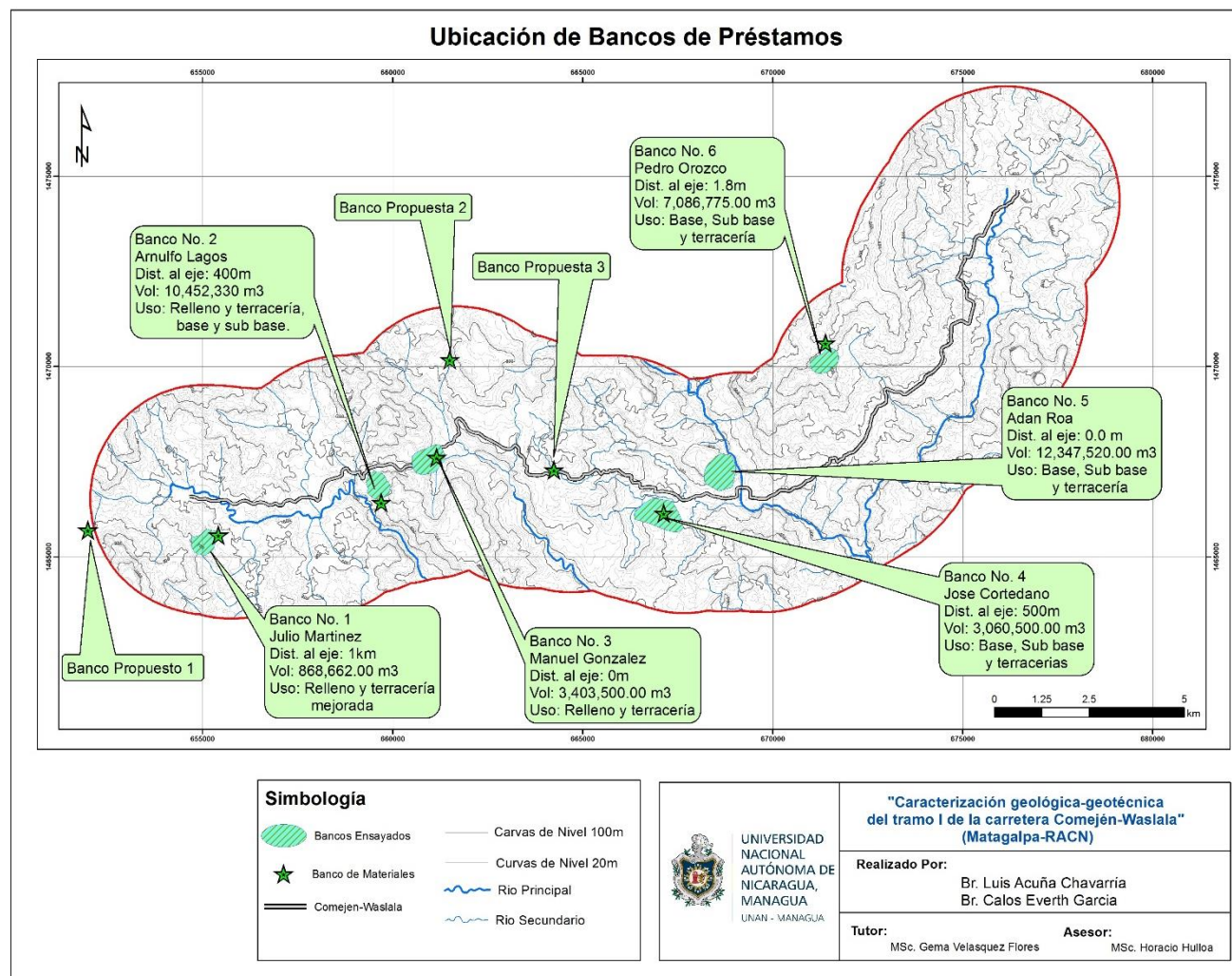


Figura 21. Ubicación de bancos de préstamo

### 5.5.3 Mezclas de Bancos para Determinación de Resistencia

Debido a la gran cantidad de deformaciones plásticas específicamente en materias pocos consistente, bajo un alto grado de humedad y climas cálidos se toma en consideración la determinación de resistencia de cada uno de los bancos ya pre-establecidos, para lograr determinar su comportamiento físico ante ambientes de saturación, compresión y presión que será sometido a lo largo de su vida útil, así como el comportamiento ante mezclas de graduación densa.

Dado lo anterior se caracterizó los bancos de materiales según su compartimiento mecánico ante diferentes ensayos de laboratorio basados en la norma SUCS y ASTM. Se realizaron tres mezclas para optimizar las características de los bancos estudiados los que se presentan a continuación:

- Mezcla (60%M2 y M7) Arnulfo Lagos + (40%M5 y M6) Orlando Cortedano:

El resultado fue una Grava arenosa con poco limo, (A-2-4 (0)) con 26% de límite líquido y 7% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 27% el tamiz No 4, y 3% pasan el tamiz No 200.

- Mezcla (70%M2 y M8) Arnulfo Lagos + (30%M5 y M6) Orlando Cortedano:

El resultado fue una Grava arenosa con poco limo, (A-1-a (0)) con 23% de límite líquido y 5% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 34% el tamiz No 4, y 4% pasan el tamiz No 200. El desgaste de Los Ángeles de 39.5% e intemperismo acelerado de 10.59%.

- Mezcla (60%M2, M4, M7 y M9) Pedro Orozco + (40%M2 y M4) Adán Roa:

El resultado fue una Grava con arena y poco limo, (A-1-a (0)) con 27% de límite líquido y 6% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 40% el tamiz No 4, y 6% pasan el tamiz No 200.

#### **5.5.3.1 Estabilización con mezcla de cemento**

Se estabilizaron cuatro bancos, con el 5, 7 y 9% de cemento, en los que se obtuvieron los siguientes resultados:

- Arnulfo Lagos: El resultado de la estabilización con cemento de éste banco fue una Grava arenosa, (A-1-a (0)) no plástica. Sus granos pasan 34% el tamiz No 4, y 6% pasan el tamiz No 200.
- Orlando Cortedano: El resultado de la estabilización con cemento de éste banco fue Grava arenosa, (A-1-a (0)) no plástica. Sus granos pasan 39% el tamiz No 4, y 8% pasan el tamiz No 200.
- Adán Roa: El resultado de la estabilización con cemento de éste banco fue Grava arenosa, (A-1-a (0)) no plástica. Sus granos pasan 34% el tamiz No 4, y 7% pasan el tamiz No 200.
- Pedro Orozco: El resultado de la estabilización con cemento de éste banco fue Grava arenosa, (A-1-a (0)) no plástica. Sus granos pasan 36% el tamiz No 4, y 7% pasan el tamiz No 200.

A continuación, se muestra tabla resumen con la información general para cada banco:



#### 5.5.4 Sondeos sobre la Estructura de Drenaje Mayor SPT

Para la determinación de la consistencia y resistencia de los suelos en los puntos donde se planea cimentar estructuras de soportes, para los puentes, Se efectuaron Pruebas de Penetración Standard (SPT) por el método ASTM D-1586 en suelos, y por el método ASTM D-2113 por rotación con broca de diamante en suelos duros y en estratos rocosos.

Estas pruebas consisten en hacer penetrar en el suelo la cuchara normal de penetración a intervalos de 0.15m. ( $\frac{1}{2}$  pie), mediante golpes con un martillo de 140 lb. Esta cuchara permite muestrear el suelo en intervalos de 45 cm. ( $1\frac{1}{2}$  pie), definiendo como Resistencia a la Penetración del suelo el valor de N (número de golpes) por cada 0.30 m. (1pie). De acuerdo al procedimiento normado por American Society for Testi *and Materials* **ASTM D-15864**. Este procedimiento aplica en suelos que ofrecen una resistencia a la penetración (valor de N) inferior a 50 golpes por pie.

En total se realizaron 14 Sondeos de al menos 10 m de profundidad para 7 puentes, de los cuales se extrajeron muestras de cada estrato de suelo y/o roca, durante el sondeo se determinó la elevación del nivel freático, la naturaleza y espesor de los estratos de suelo y roca. (Figura 67)



Foto 63. Sondeos SPT, en el puente El Comején-Rio Babaska. Coordenadas: 671354E, 147051484N (Propia).

A Continuación, se presentan los sitios donde se realizó SPT, para determinar capacidad de soporte del macizo rocoso.

#### **5.5.4.1 Puente El Comején (Rio Babaska):**

En rio Babaska ubicado en las coordenadas: 657825E, 1466227N (Foto 64 y 65). Se ubica el puente el Comején de 30 metros de longitud en este sector se trabajó con la normativa ASTM, en la cual se basa la metodología para SPT. En donde se ubicaron dos sondeos en cada de los extremos del río cerca de cada uno de los cimientos del puente con el fin de determinar la capacidad de soporte, consistencia de materiales, fracturamiento y abrasividad del material, así como la determinación del lecho rocoso.

La estratigrafía del sub-suelo en el área del puente donde se realizaron los sondeos presenta las características en la Tabla 2:



Foto 64. Puente El comején. Coordendas: 657825E, 1466227N (MTI, 2017).

### Geotécnia del sitio:

Tabla 2. Características del sondeo S-1 Y S-2 del puente El Comején.

Sondeo S-1	
Tipo	Características
Grava areno arcillosa, color café blancuzca (GM).	De 0 a 1.83 m los suelos tienen 53% de límite líquido y 22% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 34% el tamiz No 4, y 17% pasan el tamiz No 200.
Arcilla arenosa, color rojiza (MH).	De 1.83 m a 6.40 m los suelos tienen 62% de límite líquido y 29% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 100% el tamiz No 4, y 95% pasan el tamiz No 200.
Grava areno limosa, color gris claro (GP-GM).	De 6.40 m a 9.60 m los suelos tienen 53% de límite líquido y 24% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 38% el tamiz No 4, y 12% pasan el tamiz No 200.
Arena arcillo limosa y grava, color verde claro (SC).	De 9.60 m a 10.52 m los suelos tienen 50% de límite líquido y 23% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 74% el tamiz No 4, y 31% pasan el tamiz No 200.
Sondeo S-2	
Tipo	Características
Grava areno arcillosa, color gris claro (GC).	De 0 a 2.74 m los suelos tienen 40% de límite líquido y 17% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 38% el tamiz No 4, y 13% pasan el tamiz No 200.
Grava con poca arena y limo, color gris claro (GP-GM).	De 2.74 m a 3.20 m los suelos tienen 40% de límite líquido y 13% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 29% el tamiz No 4, y 9% pasan el tamiz No 200.
Grava areno limosa, color blanca (GM).	De 3.20 m a 4.11 m los suelos tienen 29% de límite líquido y 4% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 60% el tamiz No 4, y 23% pasan el tamiz No 200.
Grava arenosa con limo, color gris claro (GP-GM).	De 4.11 m a 6.40 m los suelos tienen 45% de límite líquido y 16% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 20% el tamiz No 4, y 6% pasan el tamiz No 200.
Grava arenosa con poco limo, color gris y pintas blancas con café (GP-GM).	De 6.40 m a 9.14 m los suelos tienen 47% de límite líquido y 12% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 46% el tamiz No 4, y 11% pasan el tamiz No 200.
De 9.14 m hasta el final del sondeo a 9.60 m se obtuvo grava entre 1" Y 3/8", color gris claro.	

- **Resistencia a la Penetración Estándar (SPT)**

La prueba de resistencia a la penetración estándar se realizó en toda la profundidad explorada en los sondeos y sus resultados se resumen a continuación (Tabla 3).

Tabla 3. Resumen de prueba (SPT) en los sondeo S-1 Y S-2 del puente El Comején.

No. Sondeo	Profundidad		No. de golpes por pie de SPT	Conclusión
	“Desde”	“Hasta”		
S-1	0.00	6.40	6-45	Suelo blando a duro
	6.40	10.52	65-107	Suelo duro a muy denso
S-2	0.00	6.40	8-46	Suelo blando a duro
	6.40	9.60	57-104	Suelo duro a muy denso

#### 5.5.4.2 Puente Las Carpas:

El puente las carpas está ubicado entre las coordenadas: 657842E, 1466552N., de 20 metros de longitud (Foto 66). En este sector se ubicaron dos sondeos SPT. Uno en cada uno de los extremos del puente para determinar el arreglo estratigráfico consistencia del material y fracturamiento.

La estratigrafía del sub-suelo en el área del puente donde se realizaron los sondeos presenta las características siguientes (Tabla 4).



Foto 65. Puente Las Carpas. Coordenadas: 657842E, 1466552N. (MTI, 2017)

• **Geotécnia del sitio:**

Tabla 4. Características del sondeo S-1 Y S-2 del puente Las Carpas.

<b>Sondeo S-1</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Características</b>
<b>Limo arcilloso con arena, color rosado (MH).</b>	De 0 a 0.91 m los suelos tienen 57% de límite líquido y 24% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 92% el tamiz No 4, y 80% pasan el tamiz No 200.
<b>Grava con arena, color gris (MH).</b>	De 0.91 m a 1.83 m los suelos son no plásticos. Sus granos pasan 53% el tamiz No 4, y 6% pasan el tamiz No 200.
<b>Arcilla con arena, color rojizo claro (CH).</b>	De 1.83 m a 3.66 m los suelos tienen 50% de límite líquido y 22% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 100% el tamiz No 4, y 96% pasan el tamiz No 200.
<b>Grava areno arcillosa, color café (OH).</b>	De 3.66 m a 6.40 m los suelos tienen 53% de límite líquido y 24% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 60% el tamiz No 4, y 42% pasan el tamiz No 200.
<b>Grava arenosa, color gris verdusco (GP-GM).</b>	De 6.40 m a 7.77 m los suelos son no plásticos. Sus granos pasan 35% el tamiz No 4, y 5% pasan el tamiz No 200.
De 7.77 m hasta el fin del sondeo a 10.06 m se rotó y se obtuvo muestra lava de 7.77 m a 8.53 m, y de 8.53 m a 10.06 m se encontró grava entre 1 ½" Y ½", color gris.	
<b>Sondeo S-2</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Características</b>
<b>Arcilla arenosa con grava, color café (CH).</b>	De 0 a 1.83 m los suelos tienen 63% de límite líquido y 32% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 93% el tamiz No 4, y 89% pasan el tamiz No 200.
<b>Arcilla limosa con poca arena, color amarillento (CH).</b>	De 1.83 m a 5.49 m los suelos tienen 66% de límite líquido y 33% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 100% el tamiz No 4, y 96% pasan el tamiz No 200.
<b>Grava areno arcillosa, color gris claro (GM).</b>	De 5.49 m a 6.40 m los suelos tienen 38% de límite líquido y 9% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 52% el tamiz No 4, y 14% pasan el tamiz No 200.
De 6.40 m a 7.32 m se cambió al método de rotación obteniendo muestra lavada, luego de 7.32 m en adelante se encontró lo siguiente:	
<b>Grava con poca arena y limo, color café claro (GP-GM).</b>	De 7.32 m a 7.77 m los suelos tienen 53% de límite líquido y 15% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 40% el tamiz No 4, y 10% pasan el tamiz No 200.
De 7.77 m hasta el fin del sondeo a 9.14 m se obtuvo bolones entre 1 ½" y ½", color gris.	

• **Resistencia a la Penetración Estándar (SPT)**

La prueba de resistencia a la penetración estándar se realizó en toda la profundidad explorada en los sondeos y sus resultados se resumen a continuación (Tabla5).

Tabla 5. Resumen de prueba (SPT) en los sondeo S-1 Y S-2 del puente Las Carpas.

No. Sondeo	Profundidad		No. de golpes por pie de SPT	Conclusión
	“Desde”	“Hasta”		
S-1	0.00	3.66	17-28	Suelo firme
	3.66	7.77	40-96	Suelo duro a muy duro
	7.77	10.06	Rotado	Suelo muy denso
S-2	0.00	6.40	4-76	Suelo blando a duro
	6.40	7.32	Rotado	Suelo muy denso
	7.32	7.77	100	Suelo muy duro
	7.77	9.14	Rotado	Suelo muy denso

#### 5.5.4.3 Puente El Pital:

El puente el Pital está ubicado entre las coordenadas: 660350E, 1467353N., de 15 metros de longitud (Foto 67). Con la misma metodología que se trabajó en los puntos anteriores se ubicaron dos sondeos SPT. La estratigrafía del sub-suelo en el área del puente donde se realizaron los sondeos presenta las características siguientes (Tabla 6):



Foto 66. Puente El Pital. Coordenadas: 660350E, 1467353N (MTI, 2017).



- Geotécnia del sitio:**

Tabla 6. Características del sondeo S-1 Y S-2 del puente El Pital.

<b>Sondeo S-1</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Características</b>
<b>Grava areno arcillosa, color café (GC).</b>	De 0 a 0.91 m los suelos tienen 56% de límite líquido y 22% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 56% el tamiz No 4, y 33% pasan el tamiz No 200.
<b>Arena limo arcilloso, color rosado claro (SC).</b>	De 0.91 m a 3.20 m los suelos tienen 28% de límite líquido y 11% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 90% el tamiz No 4, y 20% pasan el tamiz No 200.
De 3.20 m hasta el final del sondeo a 7.01 m se rotó y se obtuvo muestra lavada de 3.20 m a 3.96 m, luego de 3.96 m a 7.01 m se obtuvo roca fracturada, color rosado claro.	
<b>Sondeo S-2</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Características</b>
<b>Arena gravo arcillosa, color café. (GM).</b>	De 0 a 0.91 m los suelos tienen 26% de límite líquido y 8% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 50% el tamiz No 4, y 15% pasan el tamiz No 200.
<b>Arcilla con poca arena, color rojizo (SC).</b>	De 0.91 m a 3.20 m los suelos tienen 31% de límite líquido y 10% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 86% el tamiz No 4, y 27% pasan el tamiz No 200.
De 3.20 m hasta el final del sondeo a 7.62 m se rotó y se obtuvo grava 3/4" Y 3/8" hasta 3.66 m, luego de 3.66 m a 4.57 m se obtuvo muestra lavada y de 4.57 m a 7.62 m se encontró roca fracturada, color rosado claro y gris.	

- Resistencia a la Penetración Estándar (SPT)**

La prueba de resistencia a la penetración estándar se realizó en toda la profundidad explorada en los sondeos y sus resultados se resumen a continuación (Tabla7).

Tabla 7. Resumen de prueba (SPT) en los sondeo S-1 Y S-2 del puente El Pital.

<b>No. Sondeo</b>	<b>Profundidad</b>		<b>No. de golpes por pie de SPT</b>	<b>Conclusión</b>
	<b>"Desde"</b>	<b>"Hasta"</b>		
<b>S-1</b>	0.00	3.20	20-95	Suelo firme a muy duro
	3.20	7.01	Rotado	Suelo muy denso
<b>S-2</b>	0.00	3.66	81-103	Suelo muy duro
	3.66	7.62	Rotado	Suelo muy denso

#### 5.5.4.4 Puente Mancera:

El puente Mancera está ubicado entre las coordenadas 666396E, 1467054N., de unos 19.78 metros de longitud. Con la misma metodología que se trabajó en los

puntos anteriores se ubicaron dos sondeos SPT. (Foto 68) La estratigrafía del subsuelo en el área del puente donde se realizaron los sondeos presentan las características siguientes (Tabla 8):



Foto 67. Puente Mancera. Coordenadas: 666396E, 1467054N. (MTI, 2017)

- **Geotécnia del sitio:**

Tabla 8. Características del sondeo S-1 Y S-2 del puente Mancera.

<b>Sondeo S-1</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Características</b>
De 0 a 5.03 m se obtuvo material del relleno del puente existente, de 5.03 m en adelante se encontró lo siguiente:	
<b>Grava con arena arcilla limosa, color café (GC).</b>	De 5.03 m a 6.40 m los suelos tienen 39% de límite líquido y 13% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 29% el tamiz No 4, y 12% pasan el tamiz No 200.
<b>Limo con arena y grava color rosada (OL).</b>	De 6.40 m a 11.43 m los suelos tienen 39% de límite líquido y 12% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 86% el tamiz No 4, y 68% pasan el tamiz No 200.
<b>Limo gravo arenoso, color amarillento (ML).</b>	De 11.43 m a 11.89 m los suelos tienen 31% de límite líquido y 9% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 78% el tamiz No 4, y 50% pasan el tamiz No 200.
<b>Arena gravo arcillosa, color gris (SC).</b>	De 11.89 m a 12.34 m los suelos tienen 38% de límite líquido y 13% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 67% el tamiz No 4, y 24% pasan el tamiz No 200.
<b>Limo gravoso, color amarillento (ML).</b>	De 12.34 m a 13.26 m los suelos tienen 39% de límite líquido y 13% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 78% el tamiz No 4, y 69% pasan el tamiz No 200.
<b>Arena limosa, color café claro (SM)</b>	De 13.26 m a 15.54 m los suelos tienen 34% de límite líquido y 7% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 100% el tamiz No 4, y 37% pasan el tamiz No 200.

<b>Sondeo S-2</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Características</b>
De 0 a 3.66 m se obtuvo material del relleno del puente existente, de 3.66 m en adelante se encontró lo siguiente:	
<b>Grava con poca arena y arcilla, color café (GC).</b>	De 3.66 m a 5.94 m los suelos tienen 47% de límite líquido y 17% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 26% el tamiz No 4, y 13% pasan el tamiz No 200.
<b>Limo gravoso con poca arena, color rosado (ML).</b>	De 5.94 m a 8.23 m los suelos tienen 37% de límite líquido y 10% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 68% el tamiz No 4, y 58% pasan el tamiz No 200.
<b>Arcilla con poca arena, color amarillento (CL).</b>	De 8.23m a 8.69 m los suelos tienen 49% de límite líquido y 20% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 100% el tamiz No 4, y 82% pasan el tamiz No 200.
<b>Limo gravoso, color rosado (OL).</b>	De 8.69 m a 10.52 m los suelos tienen 38% de límite líquido y 12% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 84% el tamiz No 4, y 69% pasan el tamiz No 200.
<b>Arcilla color amarillento (ML).</b>	De 10.52 m a 10.97 m los suelos tienen 32% de límite líquido y 9% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 78% el tamiz No 4, y 47% pasan el tamiz No 200.
<b>Limo gravoso con poca arena, color rosado (OL)</b>	De 10.97 m a 12.34 m los suelos tienen 39% de límite líquido y 10% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 86% el tamiz No 4, y 66% pasan el tamiz No 200.
De 12.34 m a 13.26 m se cambió al método de rotación obteniendo muestra lavada, luego de 13.26 m en adelante se encontró lo siguiente:	
<b>Limo con poca arena y grava, color rosado (ML)</b>	De 13.26 m a 14.02 m los suelos tienen 41% de límite líquido y 14% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 87% el tamiz No 4, y 69% pasan el tamiz No 200.

- Resistencia a la Penetración Estándar (SPT)**

La prueba de resistencia a la penetración estándar se realizó en toda la profundidad explorada en los sondeos y sus resultados se resumen a continuación (Tabla 9).

Tabla 9. Resumen de prueba (SPT) en los sondeo S-1 Y S-2 del puente Mancera.

<b>No. Sondeo</b>	<b>Profundidad</b>		<b>No. de golpes por pie de SPT</b>	<b>Conclusión</b>
	<b>“Desde”</b>	<b>“Hasta”</b>		
<b>S-1</b>	0.00	5.03	-	Relleno
	5.03	11.43	17-53	Suelo firme a duro
	11.43	15.54	61-106	Suelo duro a muy denso
<b>S-2</b>	0.00	3.66	-	Relleno
	3.66	12.34	32-88	Suelo firme a duro
	12.34	13.26	Rotado	Suelo muy denso
	13.26	14.02	96-100	Suelo muy duro

#### 5.5.4.5 Puente El Calvario:

El puente El Calvario está ubicado entre las coordenadas: 667165E, 1466660N., de unos 15 metros de longitud (Foto 69). Con la misma metodología que se trabajó en los puntos anteriores se ubicaron dos sondeos SPT.

La estratigrafía del sub-suelo en el área del puente donde se realizaron los sondeos presentan las características siguientes (Tabla 10):



Foto 68. Puente El Calvario. Coordenadas: 667165E, 1466660N. (MTI, 2017)

- **Geotécnia del sitio:**

Tabla 10. Características del sondeo S-1 Y S-2 del puente El Calvario.

<b>Sondeo S-1</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Características</b>
<b>Grava arcillosa, color marrón (GC).</b>	De 0 a 1.83 m los suelos tienen 31% de límite líquido y 10% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 51% el tamiz No 4, y 26% pasan el tamiz No 200.
<b>Arcilla limo arenoso, color café (CL).</b>	De 1.83 m a 3.66 m los suelos tienen 37% de límite líquido y 16% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 100% el tamiz No 4, y 75% pasan el tamiz No 200.
<b>Grava limo arcilloso, color marrón y pintas amarillentas (GC).</b>	De 3.66 m a 4.57 m los suelos tienen 32% de límite líquido y 13% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 50% el tamiz No 4, y 45% pasan el tamiz No 200.
<b>Arena gravo arcillosa, color café (SC).</b>	De 4.57 m a 5.94 m los suelos tienen 53% de límite líquido y 21% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 62% el tamiz No 4, y 20% pasan el tamiz No 200.
<b>Grava limosa, color marrón (GC).</b>	De 5.94 m a 7.77 m los suelos tienen 32% de límite líquido y 12% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 49% el tamiz No 4, y 42% pasan el tamiz No 200.
De 7.77 m al fin del sondeo a 10.82 m se cambió al método de rotación y se obtuvo roca muy fracturada, color marrón,	

<b>Sondeo S-2</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Características</b>
<b>Arena gravo arcillosa, color café (SC).</b>	De 0 a 1.37 m los suelos tienen 48% de límite líquido y 19% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 24% el tamiz No 4, y 13% pasan el tamiz No 200.
<b>Arcilla con poca arena, color rojizo (CL).</b>	De 1.37 m a 1.83 m los suelos tienen 46% de límite líquido y 19% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 100% el tamiz No 4, y 86% pasan el tamiz No 200.
<b>Grava arcillosa, color marrón (OL).</b>	De 1.83 m a 2.29 m los suelos tienen 32% de límite líquido y 10% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 50% el tamiz No 4, y 24% pasan el tamiz No 200.
<b>Arcilla arenosa, color café (CL).</b>	De 2.29 m a 5.49 m los suelos tienen 37% de límite líquido y 16% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 100% el tamiz No 4, y 78% pasan el tamiz No 200.
De 5.49 m al fin del sondeo a 8.53 m se cambió al método de rotación y se obtuvo roca gris y blanca.	

- **Resistencia a la Penetración Estándar (SPT)**

La prueba de resistencia a la penetración estándar se realizó en toda la profundidad explorada en los sondeos y sus resultados se resumen a continuación (Tabla 11).

Tabla 11. Resumen de prueba (SPT) en los sondeo S-1 Y S-2 del puente El Calvario.

<b>No. Sondeo</b>	<b>Profundidad</b>		<b>No. de golpes por pie de SPT</b>	<b>Conclusión</b>
	<b>“Desde”</b>	<b>“Hasta”</b>		
<b>S-1</b>	0.00	3.66	13-48	Suelo firme a duro
	3.66	7.77	78-102	Suelo muy duro
	7.77	10.82	Rotado	Suelo muy denso
<b>S-2</b>	0.00	2.99	32-64	Suelo firme a duro
	2.99	5.49	30-45	Suelo firme a duro
	5.49	8.53	Rotado	Suelo muy denso

#### 5.5.4.6 Puente Yahosca:

El puente Yahosca está ubicado en la comunidad que lleva su nombre, con una dimensión de 15 metros de longitud (Foto 70) y con la misma metodología que se trabajó en los puntos anteriores se ubicaron dos sondeos SPT. La estratigrafía del



sub-suelo en el área del puente donde se realizaron los sondeos presentan las características siguientes (Tabla 12):



Foto 69. Puente Yahosca. Coordenadas: 669201E, 1466983N. (MTI, 2017)

- **Geotécnia del sitio:**

Tabla 12. Características del sondeo S-1 Y S-2 del puente Yahosca.

<b>Sondeo S-1</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Características</b>
<b>Arena gravo arcillosa, color café y amarillento (SC).</b>	De 0 a 0.91 m los suelos tienen 30% de límite líquido y 11% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 75% el tamiz No 4, y 28% pasan el tamiz No 200.
<b>Arcilla gravo arenosa, color rosado claro (CL).</b>	De 0.91 m a 3.20 m los suelos tienen 40% de límite líquido y 14% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 78% el tamiz No 4, y 64% pasan el tamiz No 200.
<b>Arcilla con poca grava y arena, color café claro (CL).</b>	De 3.20 m a 4.11 m los suelos tienen 42% de límite líquido y 21% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 82% el tamiz No 4, y 74% pasan el tamiz No 200.
<b>Grava limo arcillosa con poca arena, color café (GM).</b>	De 4.11 m a 5.49 m los suelos tienen 42% de límite líquido y 13% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 42% el tamiz No 4, y 35% pasan el tamiz No 200
De 5.49 m a 8.53 m se cambió al método de rotación y se obtuvo de 5.49 m a 7.01 m bolones de 2" y 3/8" y de 7.01 al fin del sondeo a 8.53 m se encontró bolones entre 1 ½" y ½", color gris claro.	
<b>Sondeo S-2</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Características</b>
<b>Grava con poca arena y limo, color gris claro (GM).</b>	De 0 a 0.91 m los suelos son no plásticos. Sus granos pasan 20% el tamiz No 4, y 14% pasan el tamiz No 200.
<b>Arcilla con arena, color café (CL).</b>	De 0.91 m a 3.66 m los suelos tienen 42% de límite líquido y 19% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 99% el tamiz No 4, y 77% pasan el tamiz No 200.
<b>Arcilla limosa con arena, color café (OL).</b>	De 3.66 m a 5.49 m los suelos tienen 41% de límite líquido y 15% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 92% el tamiz No 4, y 60% pasan el tamiz No 200.
De 5.49 m a 6.40 m se cambió al método de rotación y se obtuvo muestra lavada, de 6.40 m al fin del sondeo a 9.45 m se encontró bolones entre 2 ½" y ¾", color rosado con pintas blancas.	

- **Resistencia a la Penetración Estándar (SPT)**

La prueba de resistencia a la penetración estándar se realizó en toda la profundidad explorada en los sondeos y sus resultados se resumen a continuación (Tabla 13).

Tabla 13. Resumen de prueba (SPT) en los sondeo S-1 Y S-2 del puente Yahosca.

No. Sondeo	Profundidad		No. de golpes por pie de SPT	Conclusión
	“Desde”	“Hasta”		
S-1	0.00	3.20	70-41	Suelo firme a duro
	3.20	5.49	31-92	Suelo muy duro
	5.49	8.53	Rotado	Suelo muy denso
S-2	0.00	3.66	21-20	Suelo firme a duro
	3.66	6.40	42-85	Suelo muy duro
	6.40	9.45	Rotado	Suelo muy denso

#### 5.2.4.5 Puente El Aserrío:

El puente El Aserrío está ubicado entre las coordenadas: 675246E, 1473015N, de unos 15 metros de longitud aproximadamente (Foto 71). Con la misma metodología que se trabajó en los puntos anteriores se ubicaron dos sondeos SPT. La estratigrafía del sub-suelo en el área del puente donde se realizaron los sondeos presenta las características siguientes (Tabla 14):



Foto 70. Puente El Aserrío. Coordenadas: 675246E, 1473015N. (MTI, 2017)

- **Geotécnia del sitio:**

Tabla 14. Características del sondeo S-1 Y S-2 del puente El Aserrío.

<b>Sondeo S-1</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Características</b>
<b>Arena gravo limosa, color café con pintas amarillentas (SM).</b>	De 0 a 1.37 m los suelos tienen 28% de límite líquido y 8% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 72% el tamiz No 4, y 20% pasan el tamiz No 200.
De 1.37 m hasta el final del sondeo a 4.42 m se rotó y se obtuvo roca fracturada, color rosado claro.	
<b>Sondeo S-2</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Características</b>
<b>Arena gravo arcillosa, color café. (SC).</b>	De 0 a 1.37 m los suelos tienen 39% de límite líquido y 16% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 69% el tamiz No 4, y 38% pasan el tamiz No 200.
<b>Arcilla arenosa, color marrón (CL).</b>	De 1.37 m a 2.74 m los suelos tienen 40% de límite líquido y 14% de índice de plasticidad. Sus granos pasan 94% el tamiz No 4, y 64% pasan el tamiz No 200.
De 2.74 m hasta el final del sondeo a 6.71 m se rotó y se obtuvo muestra lavada de 2.74 m a 3.66 m y de 3.66 m a 6.71 m se encontró roca bolón, color rojizo, gris y marón.	

- **Resistencia a la Penetración Estándar (SPT)**

La prueba de resistencia a la penetración estándar se realizó en toda la profundidad explorada en los sondeos y sus resultados se resumen a continuación (Tabla 15):

Tabla 15. Resumen de prueba (SPT) en los sondeo S-1 Y S-2 del puente El Aserrío.

<b>No. Sondeo</b>	<b>Profundidad</b>		<b>No. de golpes por pie de SPT</b>	<b>Conclusión</b>
	<b>“Desde”</b>	<b>“Hasta”</b>		
<b>S-1</b>	0.00	1.37	21-93	Suelo firme a duro
	1.37	4.42	Rotado	Suelo muy duro
<b>S-2</b>	0.00	1.37	5-22	Suelo blando a firme
	1.37	2.74	22-102	Suelo firme a muy duro
	2.74	6.71	Rotado	Suelo muy denso

#### **5.2.4.6 Correlación de Sondajes en Puentes (SPT)**

Se realizó la correlación de suelos (Clasificación Sucs), para cada sondeo realizados en los puentes, esta se realizó a través de suelos de igual clasificación. (Figura 23)

En los sondeos del puente Babaska y las Carpas se observa que a los primeros 3m de profundidad no existe correlación entre ellos, continuando en profundidad con la correlación de suelos tipo Grava limosas mal graduadas (GM) hasta los 6 m y hasta los 8 metros en correlación con suelos tipo GC, encontrando roca o rechazo entre los 8 a 11 metros.

Los sondeos del Puente el Pital no tiene correlación alguna con ningunos de los sondeos realizados en los puentes del tramo I carretera Comején-Waslala.

En superficie se observa la variación de suelos entre los primeros dos metros sin poderse correlacionar entre ellos. En el puente el Calvario, Yahosca y Aserrío se observa que entre 1 a 6 metros de profundidad existe una correlación de suelos tipo arcillas arenosas o limosas de baja a media plasticidad (CL), encontrando rechazo a los 6 metros. En el puente Mancera se obtuvieron diferente tipo de suelos hasta los 15 metros de profundidad correlacionales entre los dos sondeos realizados para el puente Mancera. En el puente Mancera y Calvario se observa una correlación de tipo interdigitada de suelos tipo Limosos y arenas muy finas (ML).

## Caracterización geológica-geotécnica del tramo I carretera Comején-Waslala (Matagalpa-RAAN)

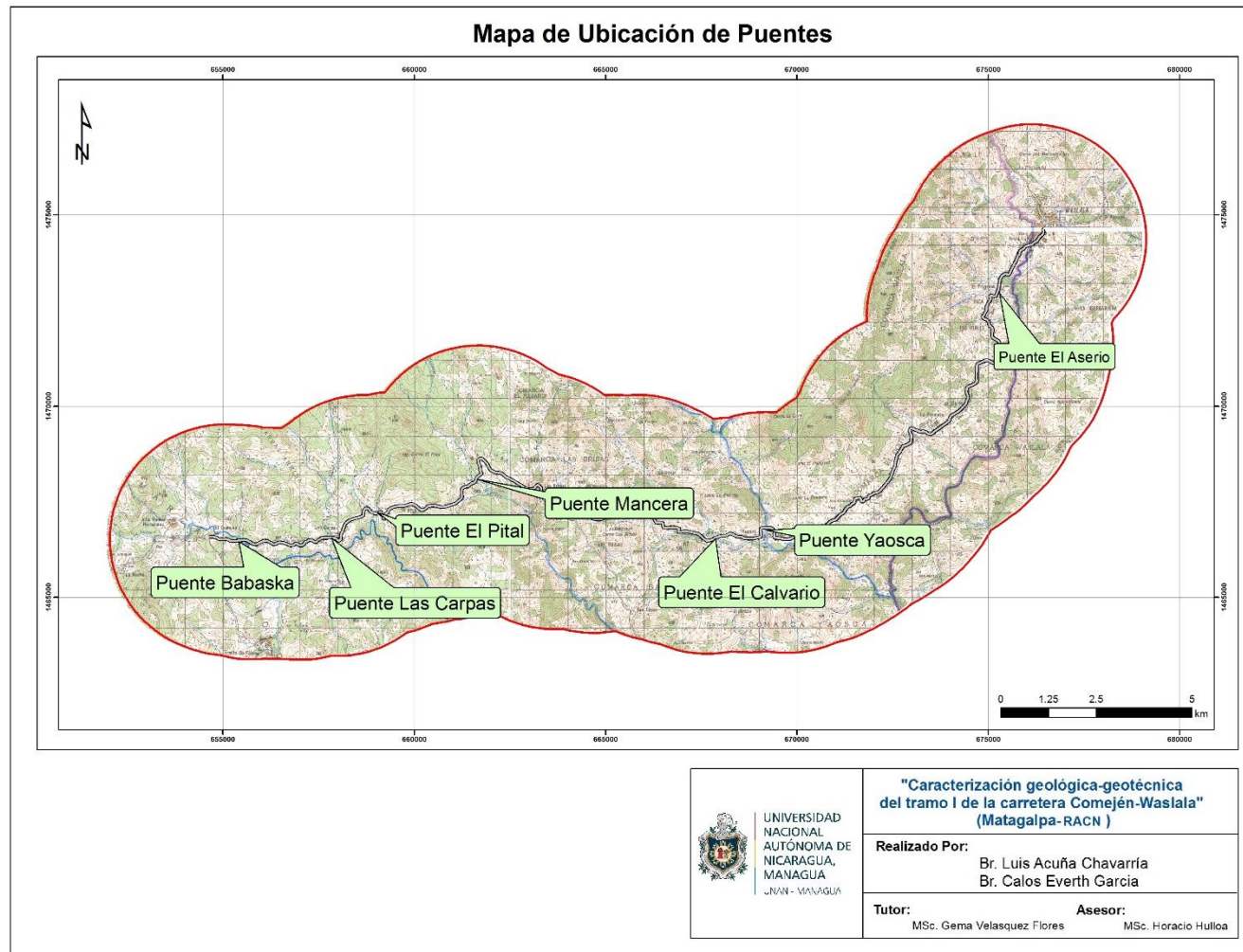


Figura 22. Mapa de Ubicación de Puentes tramo I Comején-Waslala



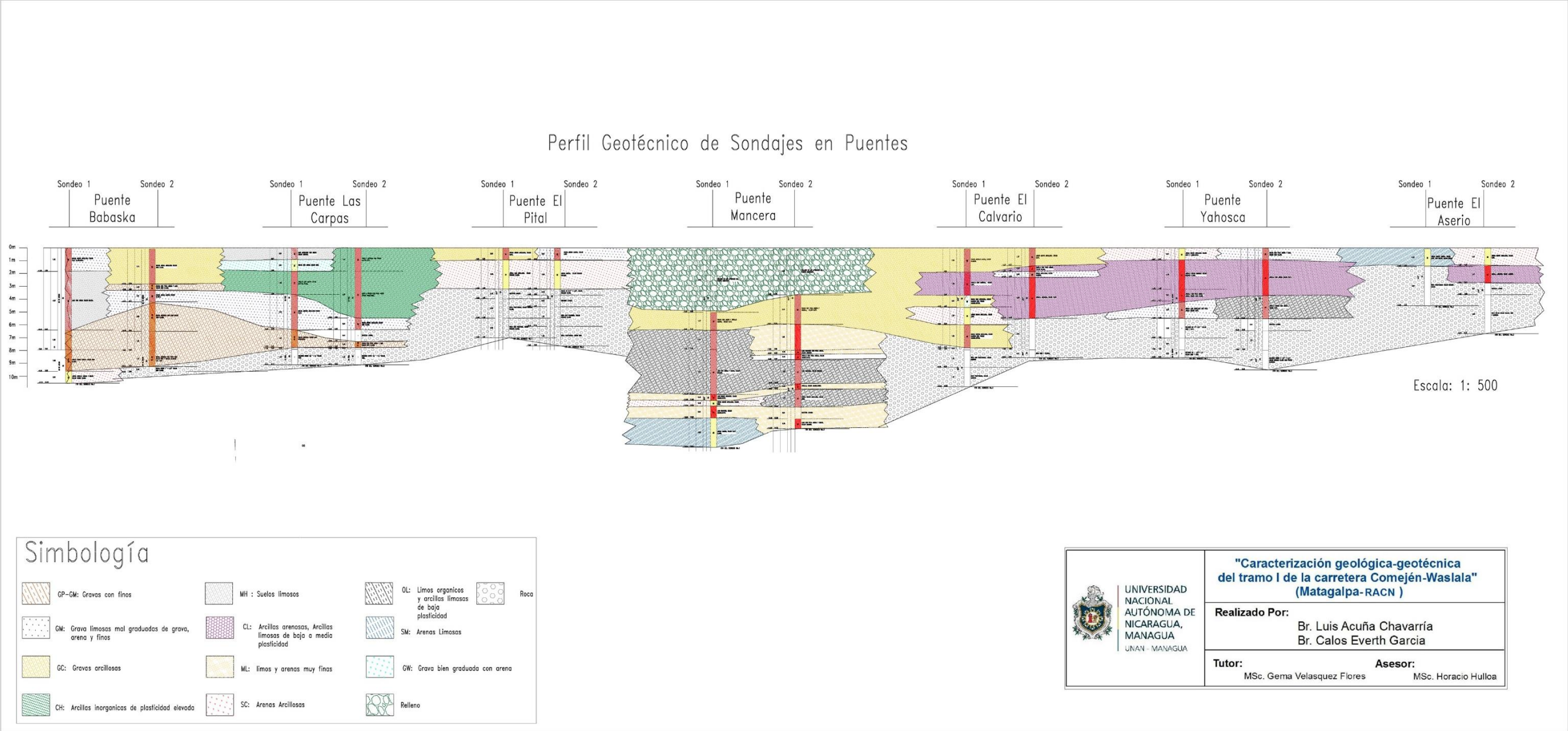


Figura 23. Perfil de Correlación Geotécnica en Puentes

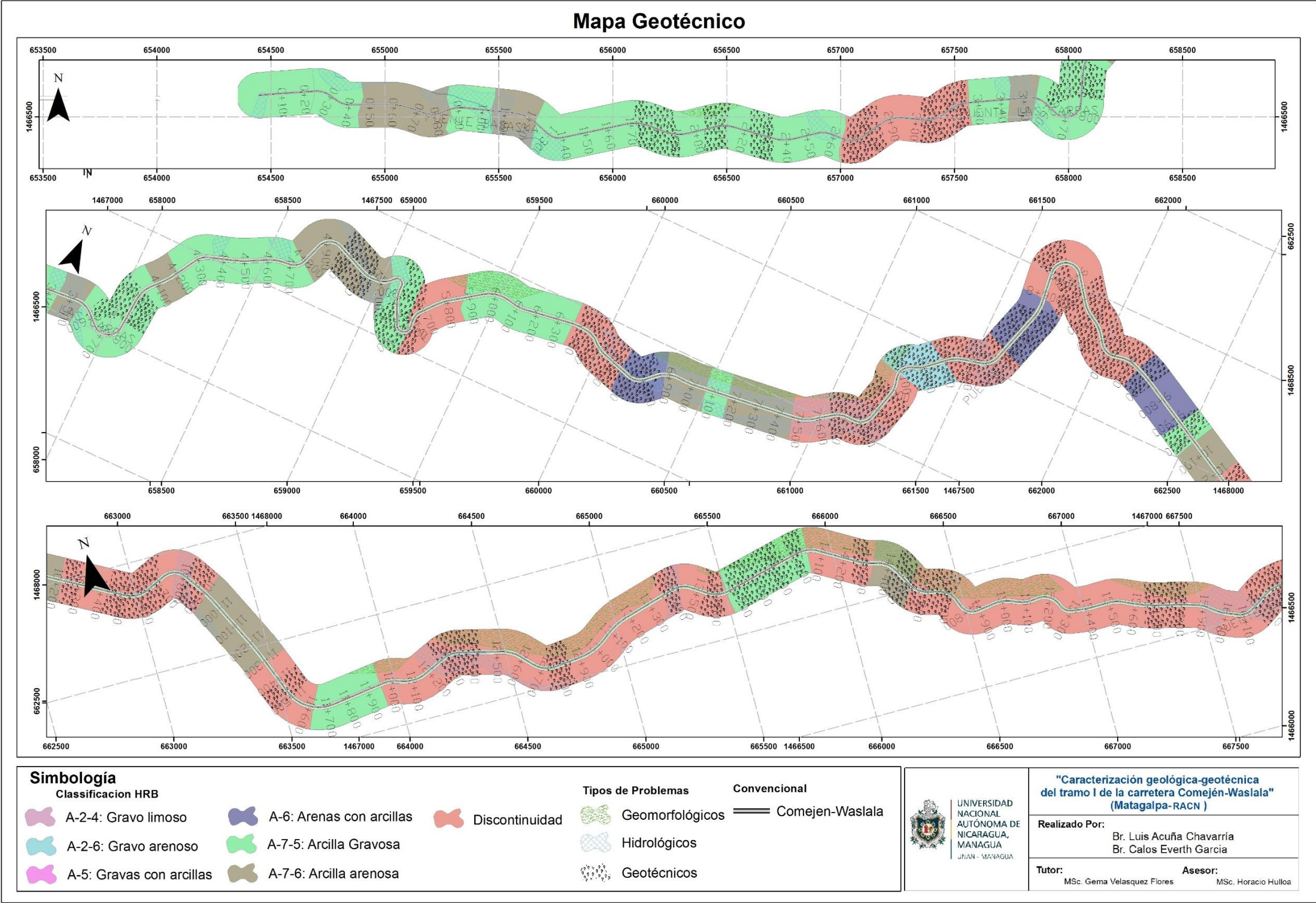


Figura 24. Mapa Geotécnico estación 00+000 – 15+500.



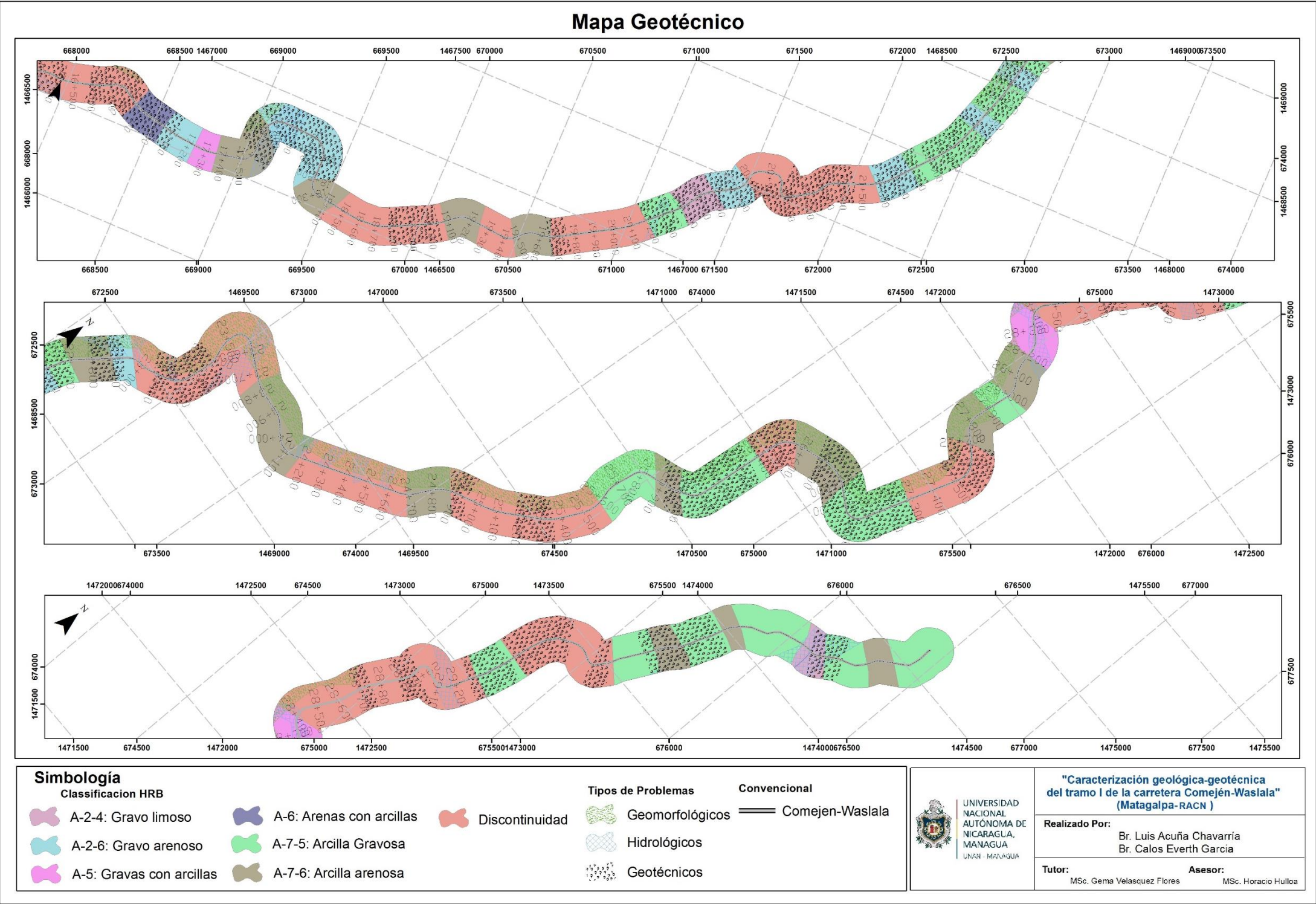


Figura 25. Mapa Geotécnico estación 15+500 – 31+300.

## CONCLUSIONES

Basado con los objetivos expuestos anteriormente, es posible resumir las siguientes conclusiones:

- Unidades geológica, Unidad Basalto (Tmmb), Unidad Andesita Porfiritica (Tmma), Unidad Toba Lítica Andesítica (Tmmtl), Unidad de Toba Lítica Riolítica (Tmctl), Unidad Cuaternario Aluvial (Qal).
- Unidades Geomorfológicas, Unidad Origen Estructural. (S): Sub-unidad De Escarpe De Falla (S12), Sub-unidad de lomos de cerdo (S7). Unidad de Origen Volcánico (V): Sub-unidad de Caldera (V14), Sub-unidad de lava (V9). Unidad de Origen Fluvial (F): Sub-unidad terrazas fluviales (F6).
- Unidades Estructurales, las cuales se destacan dos fases de fallamiento correspondiente a patrones NW y NE
- En la identificación sitios susceptibles a amenazas geológicas, pendientes susceptibles a de laderas se identificaron 17 sitios con 4 de ellos de verdadera magnitud hacia el tramo, Terrenos Planos  $< 5^\circ$ , Ligeramente Inclinaos  $5-15^\circ$  y los de mayor susceptibilidad: Susceptibilidad a deslizamientos  $>15^\circ$  y de Caída libre  $>45^\circ$ .
- Geotecnia, Se realizó la descripción físico-mecánica de suelos dando como resultado la calificación del tipo de suelo, tipo de grava areno-limosa. (Profundidad 0.30m) de tipo A-2-6 y A-2-4, y a mayor profundidad hasta 1.50 m donde se encontró arcilla, arcilla arenosa y arcilla gravosa tipo A-7-6 y A-7-5 y arenas con arcillas y gravas con arcillas tipo A-6 y A-5.

## RECOMENDACIONES

- La cartografía geológica del tramo I carreta Comején-Waslala proporciona la información necesaria a tomar en cuenta para evaluar las condiciones del terreno, para posteriores estudios urbanísticos.
- Implementar medidas de contingencias adecuados para los sitios susceptibles a amenazas geológicas.
- Se recomienda, ampliar los estudios geológicos-estructurales en el área de estudio, dirigido a elaborar un modelo más detallado.
- Se recomienda reutilizar los materiales de buena calidad de tipo gravoso y arenoso con clasificación A-2-4 y A-2-6 para su colocación en mezclas con suelos provenientes de los bancos del tipo A-1-a. En los espacios donde el material resultó limoso o arcilloso se recomienda sustituir con suelos de bancos estudiados tipo A-1-a para base y sub base.
- Aplicar el reglamento del código de la construcción actualizado y valido para el territorio nacional



## BIBLIOGRAFÍA

- **Aliaga, Manuel, 2003.** Estudio geológico-geotécnico para la rehabilitación de la carretera Corral Quemado-Río Nieva Tramo I: Puerto Naranjitos – Pedro Ruiz. Lima Perú.
- **Alcaldía Municipal de Waslala. 2012.** Caracterización Municipal Waslala 2012.
- **Darce Mauricio, 1990.** Mapa geológico de Nicaragua escala 1:500.000. D.G.G.INMINE
- **Dengo, G., y Case, J., 1990.** The geology of North América. The Caribbean Region. Vol. H. Colorado.
- **Dengo, G., 1985.** Mid-America: Tectonic setting for the pacific margin from México to north western Colombia in the ocean basins and margins, Vol. 7A: The Pacific Ocean Plate.
- **Ehrenborg, J., 1996.** Nueva Estratigrafía de Rocas Volcánicas Terciarias en la Región Central de Nicaragua. Investigación científica en Nicaragua. Proyecto conjunto Suecia-Nicaragua. Luleå.
- **González De Vallejo Luis. 2002.** Ingeniería Geológica., Madrid. Pearson Educación.
- **Hodgson, G., 1971.** Geología y anotaciones mineralógicas de la Planicie del Noroeste y de la Pre-cordillera Occidental. Catastro e Inventario de Recursos Naturales. Informe 13. Managua.

- **Hodgson, G. V., 2000.** Geología Regional: Introducción al Léxico Estratigráfico de Nicaragua.
- **INETER-Tupak. O., 2009.** Explicación de mapa de inestabilidad de terrenos y geología en tramo de carretera entre poblados de Estelí, Cuesta Cucamonga y Condega., Nicaragua.
- **INETER- COSUDE (2005).** Recomendaciones técnicas para la elaboración de mapas de por inestabilidad de ladera.
- **INETER. 1995.** Mapa Geológico Minero, de la República de Nicaragua a escala 1:500,000
- **Instituto Geológico y Minero de España (1972).** Mapa Geotécnico General E: 1/200.000., Madrid.
- **Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez, A., 2005.** Fundamentos de Mecánica de Suelos., México., Ed. Limusa.
- **Kuang, J., 1971.** Estudio Geológico del Pacífico de Nicaragua. Catastro e Inventario de Recursos Naturales. Informe 10. Managua.
- **McBirney, A., Williams, H., 1965.** Volcanic History of Nicaragua. University of California.
- **MEDE-MINAS. 1996.** El potencial minero y catastro de las estructuras mineras de Nicaragua. MEDE-MINAS. Managua.
- **Pilar, Schliz, 2009.** Interpretación Geoestructural de las hojas topográficas Cinco Pinos y San Juan De Limay en el NW de Nicaragua. CIGEO/UNAN-MANAGUA.

- **Proyecto Resis II. 2012.** Evaluación de Amenazas Sísmica en Centro América
- **Rivera, M., 2006.** Cartografía Geológica de Cinco Pinos y sus alrededores, NW de Nicaragua. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Puras. CIGEO/UNAN- Managua.
- **Rodríguez, D. 1998.** Programa de exploración minera, NW de Nicaragua. Informe inédito. Iberominas, Managua.
- **Servicio Geológico Nacional (SGN). 1958.** Resumen de los reconocimientos de zonas mineralizadas. Ministerio de economía. Managua.
- **Tolson, G., 1996.** Un Catálogo de Indicadores Cinemáticos en Rocas Cizalladas.
- **Tupak, O, 2009.** Geología, Geomorfología, y Movimientos de Laderas en el área de la Sub cuenca Hidrográfica de Río Mayales (Chontales, Nicaragua)
- **Van Zuidam, R., 1975.** Aerial photo interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping. The Hague, Smith Publishers
- **Www.INIFOM.gob.ni., INIFOM & Alcaldía Municipal de Waslala., 2005.** Caracterización municipal de Waslala.

# ANEXOS

## ANEXO

### Anexo A. Tabla de Coordenadas de Trabajo Geológico

Sitio	Nombre	Este	Norte	Altura
1	Inicio del tramo	653111	1466182	144 m
2	Talud 1 (Margen Derecho)	653155	1466256	144 m
3	Talud 2 (Margen Izquierdo)	653191	1466502	632 m
4	Propuesta (Muro de contención)	653138	1466487	132 m
5	Talud 3 (Margen Derecho)	653594	1466550	613 m
6	Rio principal(Datos Estructurales)	653105	1466455	626 m
7	Talud 4 (Margen Derecho)	654015	1466516	596 m
8	Problema de drenaje transversal	654814	1466503	600 m
9	Talud 5 (Las Carpas, Margen Derecho)	655146	1466475	600 m
10	Puente (Afloramiento Dacita)	655437	1466485	572 m
11	Talud 6 (Propuesta para cortarlo)	656141	1466425	614 m
12	Talud 7 ( Margen izquierdo)	657103	1466353	582m
13	Sub-rasante de material arcilloso	656141	1466425	576 m
14	Drenaje paralelo (estancamiento)	657463	1466436	596 m
15	Rio (D. estructurales-Aflra,Basalto)	657825	1466227	571 m
16	Talud 8 (margen derecho)	657677	1466523	561 m
17	Talud 9 (La Carpas, margen izquierdo)	657596	1466514	577 m
18	Datos Estructurales en el Rio	657842	1466552	548 m
19	Talud 10 (Margen Izquierdo)	658037	1466461	566 m
20	Afloramiento Toba (Deslizamiento derecho)	658387	1466987	576 m
21	Talud 11 (Margen Izquierdo)	658666	1466105	577 m
22	Propuesta de drenaje longitudinal	658779	1467263	567 m
23	Talud 12 (Margen Derecho)	658875	1467199	552 m
24	Datos Estructurales (contacto, Toba- Basalto)	658956	1467127	527 m
25	Talud 13 (Margen Izquierdo, mayor)	659065	1467221	547 m
26	Datos estructurales (M. derecho carretera)	659091	1467213	534 m



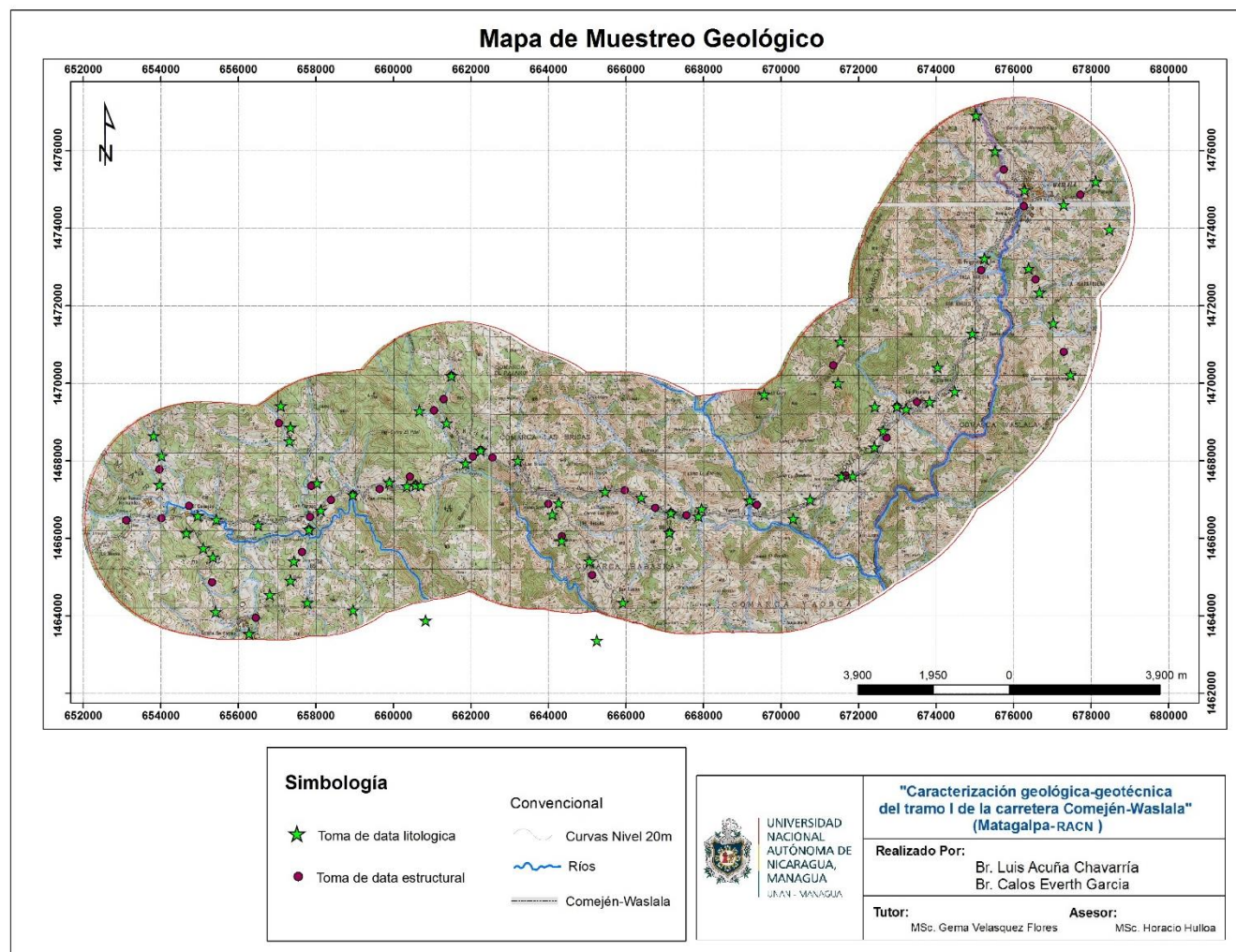
**Caracterización geológica-geotécnica del tramo I carretera Comején-Waslala (Matagalpa-RAAN)**

<b>Sitio</b>	<b>Nombre</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>Altura</b>
27	Talud 14 (Riesgo de deslizamiento M-Izquierdo)	659119	1467104	559 m
28	Talud 15 (Margen Izquierdo)	659521	1467344	586 m
29	Talud 16 ( Margen Derecho)	660057	146730	593 m
30	Afloramiento M-Izquierdo de la carretera	660057	146730	593 m
31	Talud 17 ( Margen Derecho)	660232	1467270	592 m
32	Talud 18 (Roca-Suelo, El Pital-Andesita)	660350	1467353	589 m
33	Afloramiento Andesita fracturada M-Derecho	660572	1467374	575 m
34	Pequeños Domos Dacíticos	660711	1467373	565 m
35	Talud 19 (El Pital con R-Aflorante Dacita)	660835	1463888	569 m
36	Talud 20 (Margen Derecho)	661008	1467471	564 m
37	Talud 21 (Margen Derecho)	661442	1467956	545 m
38	Entrada a trocha	661708	1468583	
39	Banco de Material Dacita	661502	1470194	696 m
40	Panorámica	661503	1468700	
41	Estructuras dogmática Dacita	662255	1468276	623 m
42	Talud 22 (Las Brisas Margen Izquierdo)	663316	1467661	597 m
43	Roca silicificada	664271	1466916	575 m
44	Afloramiento de Dacita	664271	1466916	522 m
45	Talud 23 (Inestable, Margen Izquierdo)	665856	1467265	469 m
46	Talud 24 (Margen Izquierdo)	665968	1467235	450 m
47	Afloramiento de Toba Soldada	666396	1467054	424 m
48	Roca aflorante sobre el Rio Basalto	667165	1466660	268 m
49	Banco de material Basalto ( ya hosca)	667129	1466154	355 m
50	Aglomerado Terraza con contacto de Basalto	667873	1466581	
51	Afloramiento de Basalto (Propuesta de Banco)	668336	146682	294 m
52	Rivera de Rio (Terraza, Rx aflorante Basalto)	669201	1466983	239 m
53	Afloramiento Basalto-Andesítica)	669201	1466983	239 m
54	Afloramiento de Andesita (grandes bloques)	670316	1466519	270 m
55	Afloramiento de Andesita	671564	1467603	395 m
56	Afloramiento de Andesita rocoso (M-Izquierdo)	671857	1467605	446 m
57	panorámica	671976	1467696	463 m
58	Afloramiento de Andesita (Margen Izquierdo)	672643	1468787	482 m
59	Afloramiento Andesita bien alterada	672994	1469405	457 m
60	Afloramiento Andesita (M-Izquierdo de la carretera)	673231	1469346	465 m

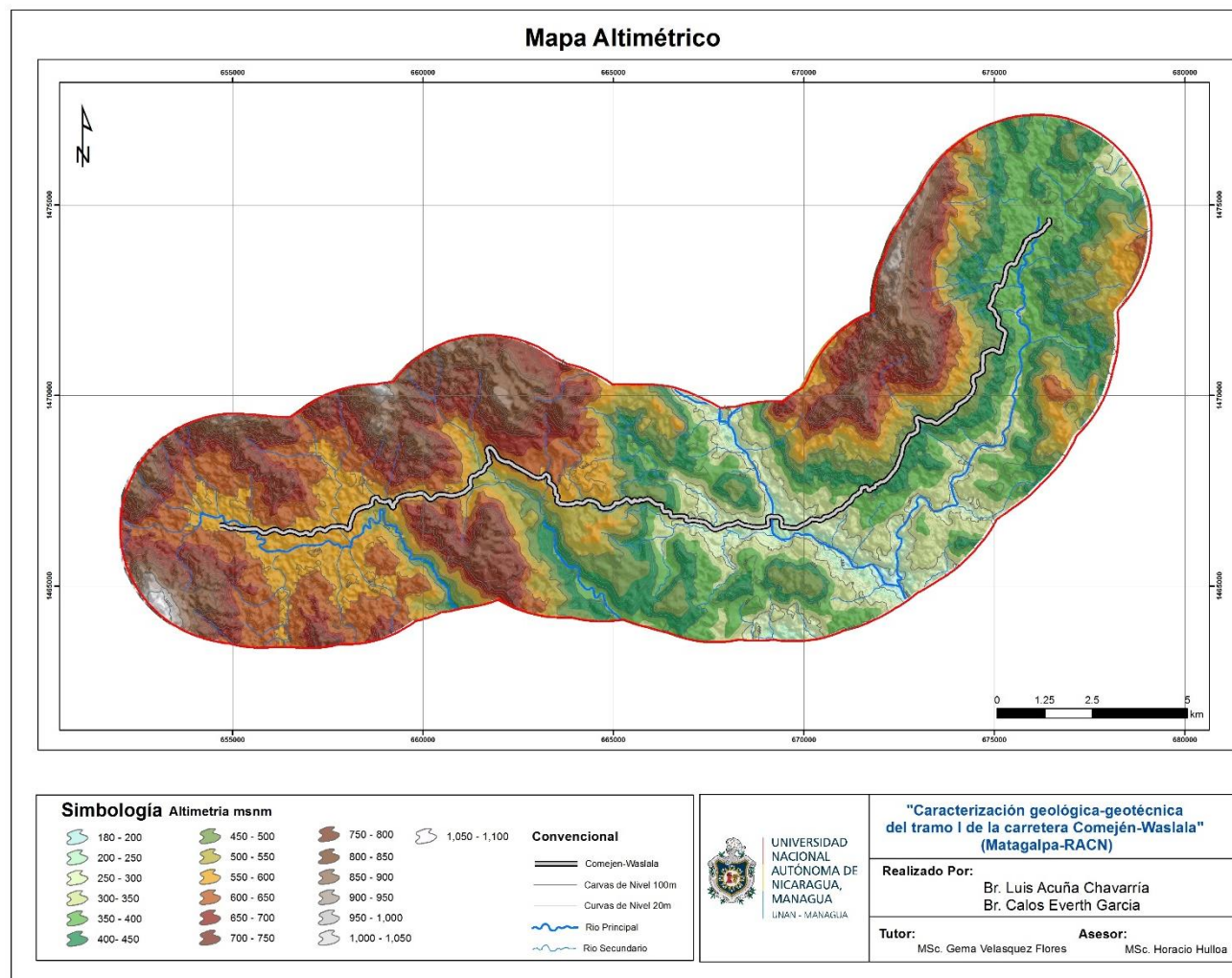
**Caracterización geológica-geotécnica del tramo I carretera Comején-Waslala (Matagalpa-RAAN)**

<b>Sitio</b>	<b>Nombre</b>	<b>Este</b>	<b>Norte</b>	<b>Altura</b>
61	Afloramiento de andesita (Intemperizada)	673836	1469530	477 m
62	Afloramiento andesita (De Textura Afanítica)	674372	146915	494 m
63	Foto de caldera	674387	1469885	489 m
64	Cerros andesíticas	674486	1469798	479 m
65	Afloramiento Andesita (Propuesta para banco)	674042	1470417	571 m
66	Talud 25 (Margen Izquierdo)	674700	1470650	501 m
67	Talud 26-27 (Ambos Bandos de la carretera)	674689	1470795	502 m
68	Talud 28 (Margen Izquierdo)	674702	1470999	485 m
69	Fin del tramo Nlc5-Comejen;Waslala	675246	1473015	369 m

## Anexo B. Mapa de Muestreo Geológico

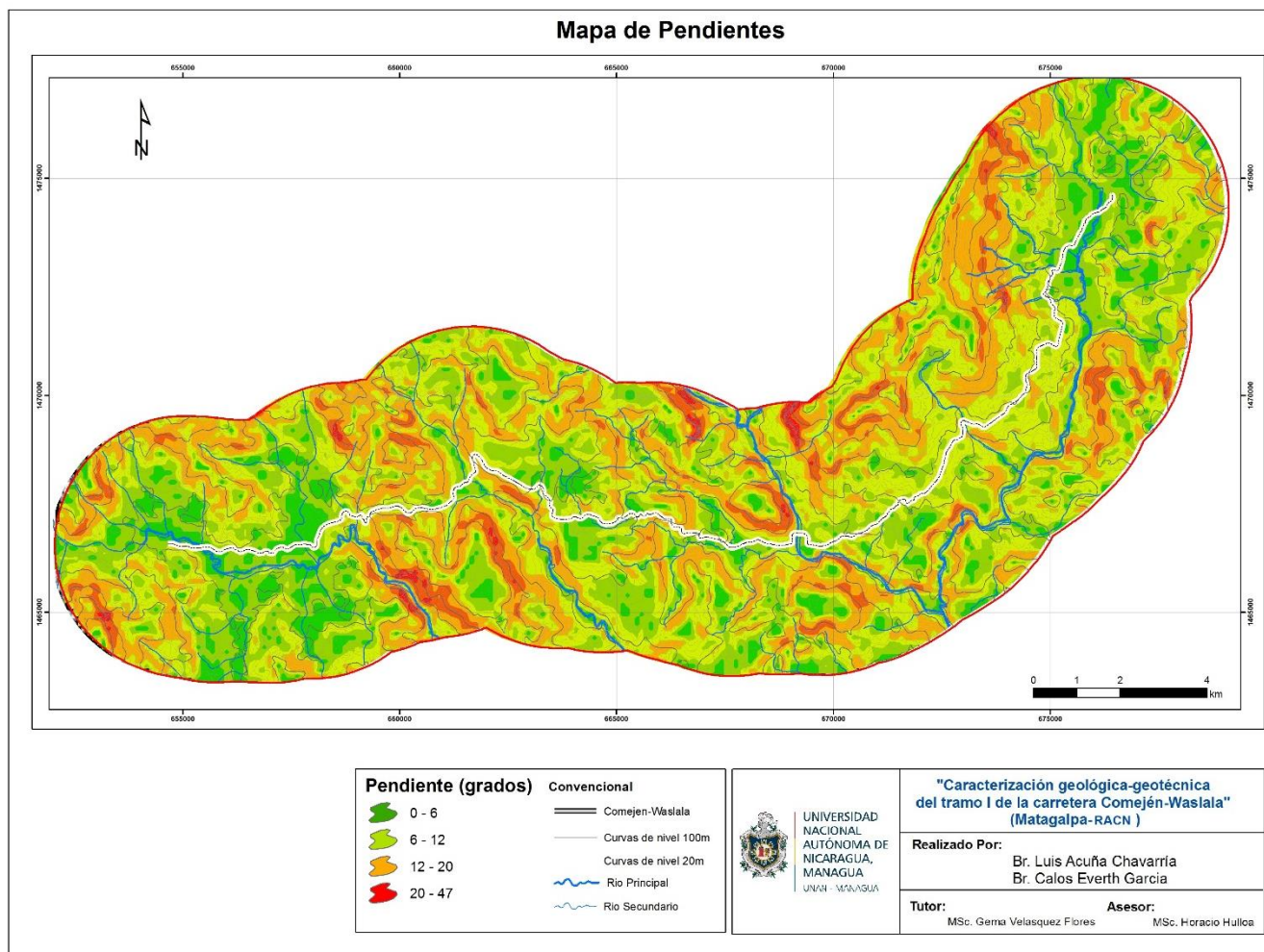


## Anexo C. Mapa Altimétrico





Anexo D. Mapa de Pendientes





Anexo. F. Hoja de Resumen de Sondeos de Línea

Localización de Sondeo		Identificación de Muestras		Estratigrafía																	NORMA: AASHTO T 90				Clasificación	Fracciones de la muestra				NORMA: AASHTO T 99		NORMA: AASHTO T 193			Observacion	Contenido de Humedad %
																					Limites de Atterberg									Grado de Compactacion						
				Estación	Banda	Sondeo															Muestra	Desde (cm)	Hasta (cm)	Espesor (cm)						75	2"	1 1/2"	1"	3/4"		
		No.	No.				3"	50	37.5	25	19	12.5	9.5	4.75	No. 10	0.425	0.075	%	%	%	AASHTO M 145				(kg/m3)	(%)	(%)	(%)	(%)							
0+000	IZQ.	1	2	60	150	90					10	100	98	94	89	78	68	54	27	27	A-7-6	A-7-6 (18)	6	26	68	1,327.00	28.90	1.23	2.33	3.37	Ila arenosa con poca grava, color café osc	31.33				
0+100	CEN.	2	4	20	150	130								100	97	88	80	59	30	29	A-7-5	A-7-5 (26)	0	20	80	1,402.00	31.20	3.11	4.73	6.35	Arcilla con arena, color café oscuro.	29.14				
0+200	DER.	3	6	30	150	120								100	99	98	95	50	24	26	A-7-6	A-7-6 (28)	0	5	95	1,327.00	28.90	1.23	2.33	3.37	Arcilla, color marrón.	31.78				
0+300	IZQ.	4	8	30	150	120								100	100	99	97	57	30	27	A-7-5	A-7-5 (32)	0	3	97	1,402.00	31.20	3.11	4.73	6.35	Arcilla, color marrón.	30.10				
0+400	CEN.	5	10	20	150	130								100	98	91	86	48	31	17	A-7-5	A-7-5 (17)	0	14	86	1,402.00	31.20	3.11	4.73	6.35	Arcilla con arena, color marrón.	22.65				
0+500	DER.	6	12	10	150	140								100	97	90	88	55	27	28	A-7-6	A-7-6 (28)	0	12	88	1,327.00	28.90	1.23	2.33	3.37	Arcilla con poca arena, color café rojizo.	28.98				
0+600	IZQ.	7	14	40	150	110								100	99	99	97	53	27	26	A-7-6	A-7-6 (30)	0	3	97	1,327.00	28.90	1.23	2.33	3.37	Arcilla, color anaranjado.	31.72				
0+700	CEN.	8	16	40	150	110								100	97	94	92	43	25	18	A-7-6	A-7-6 (18)	0	8	92	1,327.00	28.90	1.23	2.33	3.37	Arcilla con poca arena, color marrón.	30.25				
0+800	DER.	9	18	20	150	130								100	99	98	97	48	27	21	A-7-6	A-7-6 (24)	0	3	97	1,327.00	28.90	1.23	2.33	3.37	Arcilla, color café rojiza.	31.11				
0+900	IZQ.	10	20	5	150	145								100	98	94	91	60	30	30	A-7-5	A-7-5 (30)	0	9	91	1,402.00	31.20	3.11	4.73	6.35	Arcilla con poca arena, color anaranjado.	29.96				
1+000	CEN.	11	22	30	150	120								100	99	98	96	74	35	39	A-7-5	A-7-5 (46)	0	4	96	1,402.00	31.20	3.11	4.73	6.35	Arcilla, color anaranjado.	14.85				
1+100	DER.	12	24	40	150	110								100	98	96	94	54	27	27	A-7-6	A-7-6 (31)	0	6	94	1,327.00	28.90	1.23	2.33	3.37	Arcilla, color anaranjado.	36.23				
1+200	IZQ.	13	26	10	150	140				100	95	94	93	82	81	76	68	51	28	23	A-7-6	A-7-6 (15)	18	14	68	1,327.00	28.90	1.23	2.33	3.37	Arcilla gravo arenosa, color café oscuro.	18.75				
1+300	CEN.	14	28	5	150	145								100	99	98	95	62	30	32	A-7-5	A-7-5 (36)	0	5	95	1,486.00	18.60	3.76	5.12	6.87	Arcilla, color anaranjado.	20.32				
1+400	DER.	15	30	30	150	120						100	100	97	93	85	83	55	31	24	A-7-5	A-7-5 (23)	3	14	83	1,486.00	18.60	3.76	5.12	6.87	Ila con arena y poca grava, color anaranja	20.06				
1+500	IZQ.	16	32	30	150	120								100	100	98	97	65	34	31	A-7-5	A-7-5 (37)	0	3	97	1,486.00	18.60	3.76	5.12	6.87	Arcilla, color café anaranjado.	28.48				
1+600	CEN.	17	34	70	150	80								100	99	98	97	61	32	29	A-7-5	A-7-5 (34)	0	3	97	1,486.00	18.60	3.76	5.12	6.87	Arcilla, color marrón.	35.89				
1+700	DER.	18	36	20	150	130								100	99	98	97	70	31	39	A-7-5	A-7-5 (45)	0	3	97	1,486.00	18.60	3.76	5.12	6.87	Arcilla, color marrón.	10.33				
1+800	IZQ.	19	38	40	150	110								100	100	100	97	78	32	46	A-7-5	A-7-5 (53)	0	3	97	1,486.00	18.60	3.76	5.12	6.87	Arcilla, color café anaranjado.	17.21				
1+900	CEN.	20	40	40	150	110								100	99	96	94	71	37	34	A-7-5	A-7-5 (40)	0	6	94	1,486.00	18.60	3.76	5.12	6.87	Arcilla, color anaranjado.	28.93				
2+000	DER.	21	42	30	150	120								100	99	98	98	62	32	30	A-7-5	A-7-5 (36)	0	2	98	1,402.00	31.20	3.11	4.73	6.35	Arcilla, color anaranjado.	15.04				
2+100	IZQ.	22	44	40	150	110								100	99	97	95	76	37	39	A-7-5	A-7-5 (46)	0	5	95	1,419.00	25.00	4.47	5.18	6.55	Arcilla, color marrón.	24.02				
2+200	CEN.	23	46	40	150	110								100	99	98	96	66	31	35	A-7-5	A-7-5 (40)	0	4	96	1,486.00	18.60	3.76	5.12	6.87	Arcilla, color café anaranjado.	25.68				
2+300	DER.	24	48	60	150	90								100	95	92	91	74	34	40	A-7-5	A-7-5 (44)	0	9	91	1,419.00	25.00	4.47	5.18	6.55	Arcilla con poca arena, color café oscuro.	27.71				
2+400	IZQ.	25	50	10	150	140								100	99	93	79	61	31	30	A-7-5	A-7-5 (26)	0	21	79	1,419.00	25.00	4.47	5.18	6.55	Arcilla con arena, color anaranjado.	19.47				
2+500	CEN.	26	52	30	150	120				100	100	98	98	89	88	84	76	61	32	29	A-7-5	A-7-5 (24)	11	13	76	1,419.00	25.00	4.47	5.18	6.55	Arcilla con poca arena y grava, color rojizo	20.42				
2+600	DER.	27	54	50	150	100								100	100	100	99	64	31	33	A-7-5	A-7-5 (40)	0	1	99	1,419.00	25.00	4.47	5.18	6.55	Arcilla, color marrón.	38.26				
2+700	IZQ.	28	56	40	150	110								100	80	58	49	27	19	8	A-4	A-4 (3)	0	51	49	1,658.00	24.60	4.08	6.03	8.94	Limo arenoso color gris.	21.86				
2+800	CEN.	29	58	40	150	110					100	98	97	93	85	71	53	39	25	14	A-6	A-6 (5)	7	40	53	1,426.00	29.20	4.41	6.35	8.30	Illa arenosa con poca grava, color café cla	29.34				
2+900	DER.	30	60	30	150	120								100	99	94	88	53	30	23	A-7-5	A-7-5 (24)	0	12	88	1,419.00	25.00	4.47	5.18	6.55	Arcilla con poca arena, color anaranjado.	32.79				
3+000	IZQ.	31	62	30	150	120				100	98	89	80	50	49	49	48	59	25	34	A-7-6	A-7-6 (12)	50	2	48	1,327.00	28.90	1.23	2.33	3.37	con poca arena y arcilla, color café anara	27.75				
3+100	CEN.	32	64	30	150	120								100	98	96	93	76	37	39	A-7-5	A-7-5 (45)	0	7	93	1,396.00	27.00	3.11	4.28	5.57	Arcilla, color anaranjado.	54.13				
3+200	DER.	33	66	80	150	70		100	93	84	77	60	49	34	27	21	14	29	17	12	A-2-6	A-2-6 (0)	66	20	14	1,874.00	11.20	10.11	14.83	20.90	Grava areno limosa, color anaranjado.	29.29				
3+300	IZQ.	34	68	40	150	110								100	100	98	96	66	32	34	A-7-5	A-7-5 (40)	0	4	96	1,396.00	27.00	3.11	4.28	5.57	Arcilla, color anaranjado.	24.54				
3+400	CEN.	35	70	30	150	120								100	99	97	94	50	34	16	A-7-5	A-7-5 (19)	0	6	94	1,874.00	11.20	10.11	14.83	20.90	Arcilla, color café claro.	22.38				
3+500	DER.	36	72	10	150	140								100	100	100	99	64	N.P	35	A-7-6	A-7-6 (41)	0	1	99	1,325.00	34.20	2.72	3.31	4.28	Arcilla, color anaranjado.	34.57				
3+600	IZQ.	37	74	30	150	120								100	100	99	98	72	N.P	35	A-7-5	A-7-5 (43)	0	2	98	1,396.00										

Caracterización geológica-geotécnica del tramo I carretera Comején-Waslala (Matagalpa-RAAN)

Localización de Sondeo		Identificación de Muestras		Estratigrafía															NORMA: AASHTO T 90				Clasificación	Fracciones de la muestra				NORMA: AASHTO T 99		NORMA: AASHTO T 193			Observacion	Contenido de Humedad %
																			Limites de Atterberg									Densidad máxima		Humedad óptima		Grado de Compactacion		
Estación	Banda	Sondeo	Muestra	Desde (cm)	Hasta (cm)	Espesor (cm)	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L	L.P	I.P		NORMA:	G	S	F	(kg/m3)	(%)	(%)	(%)	(%)	Clasificacion Visual			
		No.	No.				75	50	37.5	25	19	12.5	9.5	4.75	2	0.425	0.075	%	%	%	AASHTO M 145	Densidad máxima										Humedad óptima	90.00	
7+100	DER.	72	144	10	150	140																										Arcilla, color anaranjado.	34.59	
7+200	IZQ.	73	146	20	150	130																										Arcilla con arena, color anaranjado.	30.41	
7+300	CEN.	74	148	40	150	110																										Arcilla con arena, color anaranjado.	26.51	
7+400	DER.	75	150	40	150	110			100	96	94	90	86	59	56	49	40	45	21	24	A-7-6	A-7-6 (5)	41	19	40	1,510.00	22.30	3.11	4.41	6.03	Grava arcillosa con arena, color café oscuro	31.60		
7+500	IZQ.	76	152	30	150	120								100	100	100	99	39	22	17	A-6	A-6 (18)	0	1	99	1,426.00	29.20	4.41	6.35	8.30	Arcilla, color anaranjado.	29.35		
7+600	CEN.	77	154	5	150	145								100	99	96	91	48	32	16	A-7-5	A-7-5 (18)	0	9	91	1,417.00	30.00	3.43	4.08	5.38	Arcilla con poca arena, color anaranjado.	32.79		
7+700	DER.	78	156	10	150	140					100	96	93	79	63	34	21	32	21	11	A-2-6	A-2-6 (0)	21	58	21	1,874.00	11.20	6.74	11.80	30.33	Arena limo gravosa, color rojizo.	19.95		
7+800	IZQ.	79	158	30	150	120								100	100	95	88	44	35	9	A-5	A-5 (12)	0	12	88	1,581.00	16.09	5.06	9.27	13.48	Arcilla con arena, color rojizo.	44.41		
7+900	CEN.	80	160	30	150	120								100	99	94	90	67	33	34	A-7-5	A-7-5 (36)	0	10	90	1,417.00	30.00	3.43	4.08	5.38	Arcilla con poca arena, color amarillento.	27.06		
8+000	DER.	81	162	40	150	110								100	97	87	67	42	23	19	A-7-6	A-7-6 (11)	0	33	67	1,306.00	36.70	3.24	4.41	5.25	Arcilla con arena, color amarillento.	20.77		
8+100	IZQ.	82	164	90	150	60			100	90	86	80	74	54	41	28	21	29	17	12	A-2-6	A-2-6 (0)	46	33	21	1,818.00	11.90	9.77	12.81	18.20	Grava areno limosa, color café oscuro.	15.92		
8+200	CEN.	83	166	30	150	120			100	89	81	61	54	33	25	22	21	31	19	12	A-2-6	A-2-6 (0)	67	12	21	1,818.00	11.90	9.77	12.81	18.20	Grava limo arenosa, color anaranjado.	27.12		
8+300	DER.	84	168	20	150	130								100	97	87	78	41	26	15	A-7-6	A-7-6 (12)	0	22	78	1,306.00	36.70	3.24	4.41	5.25	Arcilla con arena, color marrón.	25.86		
8+400	IZQ.	85	170	20	150	130	100	98	89	78	67	58	44	33	25	17	13	30	17	13	A-2-6	A-2-6 (0)	67	20	13	1,818.00	11.90	9.77	12.81	18.20	Grava areno arcillosa, color anaranjado.	31.86		
8+500	CEN.	86	172	5	150	145								100	95	83	69	45	31	14	A-7-5	A-7-5 (10)	0	31	69	1,435.00	28.70	1.81	3.27	4.41	Arcilla con arena, color rojizo.	27.01		
8+600	DER.	87	174	5	150	145								100	98	89	79	35	21	14	A-6	A-6 (11)	0	21	79	1,495.00	26.70	2.66	3.24	4.41	Arcilla con arena, color anaranjado.	26.17		
8+700	IZQ.	88	176	30	150	120								100	84	55	41	34	20	14	A-6	A-6 (2)	0	59	41	1,495.00	26.70	2.66	3.24	4.41	Arena con arcilla, color café claro.	17.67		
8+800	CEN.	89	178	30	150	120								100	99	92	77	35	25	10	A-4	A-4 (8)	0	23	77	2,011.00	8.80	11.12	16.18	27.97	Limo arenoso color rojizo.	24.83		
8+900	DER.	90	180	20	150	130								100	99	92	86	43	30	13	A-7-5	A-7-5 (13)	0	14	86	1,310.00	35.00	4.41	5.70	6.35	Arcilla con arena, color rojizo.	28.47		
9+000	IZQ.	91	182	10	150	140								100	99	92	86	43	30	13	A-6	A-6 (3)	37	18	45	1,517.00	25.10	4.41	5.70	6.35	Limo gravo arenoso color rojizo.	20.91		
9+100	CEN.	92	184	10	150	140								100	100	98	91	49	33	16	A-7-5	A-7-5 (18)	0	9	91	1,310.00	35.00	4.41	5.70	6.35	Limo con poca arena, color anaranjado.	27.34		
9+200	DER.	93	186	5	150	145								100	99	92	77	35	25	10	A-4	A-4 (8)	0	23	77	2,011.00	8.80	11.12	16.18	27.97	Limo arenoso color rojizo.	24.83		
9+300	IZQ.	94	188	20	150	130								100	99	92	86	43	30	13	A-7-5	A-7-5 (13)	0	14	86	1,310.00	35.00	4.41	5.70	6.35	Arcilla con arena, color rojizo.	28.47		
9+400	CEN.	95	190	30	150	120		100	94	88	82	78	75	63	59	51	45	39	27	12	A-6	A-6 (3)	37	18	45	1,517.00	25.10	4.41	5.70	6.35	Limo gravo arenoso color rojizo.	20.91		
9+500	DER.	96	192	20	150	130								100	100	98	91	38	29	9	A-4	A-4 (11)	0	9	91	2,011.00	8.80	11.12	16.18	27.97	Limo con poca arena, color anaranjado.	27.34		
9+600	CEN.	97	193	0	150	150			100	86	74	61	51	34	26	18	13	24	15	9	A-2-4	A-2-4 (0)	66	21	13	1,472.00	27.20	3.11	4.67	5.70	Grava areno limosa, color café claro.			
9+700	DER.	98	195	10	150	140								100	98	89	78	36	22	14	A-6	A-6 (11)	0	22	78	1,517.00	25.10	4.41	5.70	6.35	Arcilla con arena, color amarillento.	23.26848		
9+800	IZQ.	99	196	0	150	150								100	99	95	87	38	20	18	A-6	A-6 (16)	0	13	87	1,517.00	25.10	4.41	5.70	6.35	Arcilla con poca arena, color anaranjado.	29.69647		
9+900	CEN.	100	198	5	150	145								100	99	95	91	40	24	16	A-6	A-6 (16)	0	9	91	1,517.00	25.10	4.41	5.70	6.35	Arcilla con poca arena, color anaranjado.	29.02655		
10+000	DER.	101	199	0	150	150								100	95	83	75	44	33	11	A-7-5	A-7-5 (9)	0	25	75	1,310.00	35.00	4.41	5.70	6.35	Limo arcilloso con arena, color rojizo.	28.26493		
10+100	IZQ.	102	201	5	150	145							1	100	100	94	81	56	28	28	A-7-6	A-7-6 (25)	0	19	81	1,438.00	28.80	2.53	3.11	4.73	Arcilla con arena, color anaranjado.	29.79146		
11+200	CEN.	113	221	10	150	140								100	95	90	84	48	28	20	A-7-6	A-7-6 (18)	0	16	84	1,350.00	32.60	3.24	4.02	4.73	Arcilla con arena, color anaranjado.	20.16179		
10+300	CEN.	104	204	20	150	130								100	92	61	42	34	23	11	A-6	A-6 (2)	0	58	42	1,495.00	26.70	2.66	3.24	4.41	Arena limosa color rojizo.	17.50614		
10+400	DER.	105	206	40	150	110								100	99	97	92	53	32	21	A-7-5	A-7-5 (24)	0	8	92	1,477.00	28.30	2.66	3.37	4.67	Arcilla con poca arena, color anaranjado.	19.54573		
10+500	IZQ.	106	208	30	150	120						100	100	94	80	44	28	26	17	9	A-2-4	A-2-4 (0)	6	66	28	1,472.00	27.20	3.11	4.67	5.70	Arena limosa con poca grava, color rojizo.	34.86056		
10+600	CEN.	107	210	40	150	110								100	94	75	60	42	32	10	A-5	A-5 (5)	0	40	60	1,581.00	16.09	5.06	9.27	13.48	Limo arenoso color café caro.	13.18553		
10+700	DER.	108	212	20	150	130						100	98	95	57	37	24	37																



Caracterización geológica-geotécnica del tramo I carretera Comején-Waslala (Matagalpa-RAAN)

Localización de Sondeo		Identificación de Muestras		Estratigrafía																NORMA: AASHTO T 90				Clasificación	Fracciones de la muestra			NORMA: AASHTO T 99		NORMA: AASHTO T 193			Observacion	Contenido de Humedad %
							Límites de Atterberg								Densidad máxima		Humedad óptima		Grado de Compactacion															
Estación	Banda	Sondeo No.	Muestra No.	Desde (cm)	Hasta (cm)	Espesor (cm)	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L	L.P	I.P		NORMA: AASHTO M 145	G	S	F	(kg/m3)	(%)	90.00	95.00	100.00	Clasificación Visual			
							75	50	37.5	25	19	12.5	9.5	4.75	2	0.425	0.075	%	%	%												(%)	(%)	(%)
14+100	CEN.	142	272	40	150	110					100	98	96	92	88	84	81	48	28	20	A-7-6	A-7-6 (18)	8	11	81	1,472.00	27.20	3.11	4.67	5.70	Illa con poca arena y grava, color café osco	25.02037		
14+200	IZQ.	143	274	30	150	120								100	97	92	86	59	31	28	A-7-5	A-7-5 (28)	0	14	86	1,402.00	31.20	3.11	4.73	6.35	Arcilla con arena, color amarillento.	27.45098		
14+300	CEN.	144	275	0	150	150		100	89	70	53	39	32	21	15	11	8	26	13	13	A-2-6	A-2-6 (0)	79	13	8	2,011.00	8.80	11.12	16.18	27.97	ava con arena limo arcillosa, color café cla	37.01172		
14+400	DER.	145	277	10	150	140						100	100	75	71	63	55	42	24	18	A-7-6	A-7-6 (5)	25	20	55	1,472.00	27.20	3.11	4.67	5.70	Arcilla gravo arenosa, color café oscuro.	20		
14+500	IZQ.	146	279	20	150	130					100	88	83	72	66	57	48	42	29	13	A-7-6	A-7-6 (4)	28	24	48	1,472.00	27.20	3.11	4.67	5.70	Arcilla gravo arenosa, color anaranjado.	18.91348		
14+600	CEN.	147	280	0	150	150	100	74	55	45	31	24	20	18	15	13	12	27	16	11	A-2-6	A-2-6 (0)	82	6	12	2,011.00	8.80	11.12	16.18	27.97	ava con limo y poca arena, color café clar	19.48143		
14+700	DER.	148	282	5	150	145								100	99	98	97	70	31	39	A-7-5	A-7-5 (45)	0	3	97	1,486.00	18.60	3.76	5.12	6.87	Arcilla, color anaranjado.	23.07692		
14+800	IZQ.	149	284	5	150	145								100	91	79	71	51	30	21	A-7-6	A-7-6 (15)	0	29	71	1,472.00	27.20	3.11	4.67	5.70	Arcilla con arena, color anaranjado.	15.169		
14+900	CEN.	150	285	0	150	150	100	76	61	46	37	28	25	15	13	12	10	56	36	20	A-2-7	A-2-7 (0)	85	5	10	1,940.00	9.00	15.50	20.22	24.60	rava con poca arcilla y arena, color marrón	15.22367		
15+000	DER.	151	287	10	150	140								100	82	50	30	32	20	12	A-2-6	A-2-6 (0)	0	70	30	2,011.00	8.80	11.12	16.18	27.97	Arena limosa, color anaranjado.	18.75		
15+100	IZQ.	152	289	40	150	110					100	100	99	97	93	88	75	41	21	20	A-7-6	A-7-6 (14)	3	22	75	1,473.00	26.80	3.24	4.08	5.18	Illa con arena y poca grava, color anaranja	31.39963		
15+200	CEN.	153	291	20	150	130						100	100	94	89	79	58	26	19	7	A-4	A-4 (5)	6	36	58	2,011.00	8.80	11.12	16.18	27.97	Limo arenoso con poca grava, color negro.	18.1398		
15+300	DER.	154	293	5	150	145								100	93	80	68	36	20	16	A-6	A-6 (10)	0	32	68	1,639.00	20.90	3.37	4.80	7.58	Arcilla con arena, color anaranjado.	15.88785		
15+400	IZQ.	155	295	5	150	145				100	92	88	83	67	52	42	33	37	23	14	A-2-6	A-2-6 (1)	33	34	33	2,011.00	8.80	11.12	16.18	27.97	Arena arcillo gravosa, color amarillento.	14.31482		
15+500	CEN.	156	297	5	150	145				100	96	93	86	77	70	60	52	39	23	16	A-6	A-6 (5)	23	25	52	1,639.00	20.90	3.37	4.80	7.58	reno gravosa, color anaranjado con pintas	12.46819		
15+600	DER.	157	299	5	150	145								100	96	87	79	44	25	19	A-7-6	A-7-6 (15)	0	21	79	1,472.00	27.20	3.11	4.67	5.70	Arcilla con arena, color café oscuro.	15.52366		
15+700	IZQ.	158	301	40	150	110						100	100	96	73	60	45	34	35	21	A-2-6	A-2-6 (1)	27	39	34	2,011.00	8.80	11.12	16.18	27.97	Arena arcillo gravosa, color amarillento.	19.78723		
15+800	CEN.	159	302	0	150	150					100	95	89	80	57	42	23	14	28	18	10	A-2-4	A-2-4 (0)	43	43	14	1,472.00	27.20	3.11	4.67	5.70	Grava areno limosa, color amarillento.	7.602664	
15+900	DER.	160	304	40	150	110						100	99	96	89	80	67	58	37	-133	17	A-6	A-6 (8)	11	31	58	1,639.00	20.90	3.37	4.80	7.58	Illa con arena y poca grava, color café osc	5.189873418	
16+000	IZQ.	161	305	0	150	150		100	91	69	60	48	42	27	19	13	10	30	17	13	A-2-6	A-2-6 (0)	73	17	10	2,011.00	8.80	11.12	16.18	27.97	Grava areno arcillosa, color café claro.	15.625		
16+100	CEN.	162	307	20	150	130						100	95	93	76	72	65	58	45	25	20	A-7-6	A-7-6 (10)	24	18	58	1,473.00	26.80	3.24	4.08	5.18	Arcilla gravo arenosa, color café claro.	5.195638	
16+200	DER.	163	309	20	150	130						100	100	98	87	70	58	38	24	14	A-6	A-6 (6)	2	40	58	1,533.00	23.80	4.99	6.03	8.94	Illa con arena y poca grava, color anaranja	20.07463		
16+300	IZQ.	164	311	20	150	130								100	90	81	73	42	29	13	A-7-6	A-7-6 (10)	0	27	73	1,473.00	26.80	3.24	4.08	5.18	Arcilla limosa con arena, color gris.	18.16754		
16+400	CEN.	165	313	40	150	110								100	77	61	51	42	27	15	A-2-4	A-2-4 (0)	0	49	51	1,472.00	27.20	3.11	4.67	5.70	Arcilla con arena color, café oscuro.	14.69631		
16+500	DER.	166	315	40	150	110								100	81	66	57	40	21	19	A-6	A-6 (8)	0	43	57	1,533.00	23.80	4.99	6.03	8.94	Arcilla con arena, color café rojizo.	15.42254		
16+600	IZQ.	167	317	20	150	130				100	95	86	80	64	46	33	23	33	22	11	A-2-6	A-2-6 (0)	36	41	23	1,921.00	11.50	12.47	18.54	24.27	Arena gravo limosa, color café oscuro.	12.24719		
16+700	CEN.	168	319	20	150	130								100	93	69	51	35	22	13	A-6	A-6 (4)	0	49	51	1,533.00	23.80	4.99	6.03	8.94	Arcilla limosa con arena, color café claro.	12.45944		
16+800	DER.	169	321	15	150	135							100	98	91	67	44	30	21	9	A-4	A-4 (2)	2	54	44	2,011.00	8.80	11.12	16.18	27.97	ena limosa con poca grava, color café clar	12.06691		
16+900	IZQ.	170	323	40	150	110				100	94	92	89	68	54	43	36	32	17	15	A-6	A-6 (1)	32	32	36	1,533.00	23.80	4.99	6.03	8.94	Arcilla con arena y grava, color amarillento	10.69388		
17+000	CEN.	171	325	20	150	130						100	97	94	80	64	52	44	34	20	14	A-6	A-6 (3)	20	36	44	1,639.00	20.90	3.37	4.80	7.58	Arcilla areno gravosa, color café claro.	12.28641	
17+100	DER.	172	326	0	150	150			100	78	62	52	43	30	24	18	13	27	18	9	A-2-6	A-2-6 (0)	70	17	13	1,946.00	10.00	13.48	17.53	24.94	ava con poca arena y limo, color café clar	2.838983		
17+200	IZQ.	173	327	0	150	150							100	97	82	69	60	50	25	25	A-2-6	A-2-6 (0)	3	37	60	1,441.00	29.60	3.43	4.60	6.35	Illa con arena y poca grava, color anaranja	28.48879		
17+300	CEN.	174	329	20	150	130						100	97	79	34	30	28	26	48	23	25	A-2-7	A-2-7 (2)	66	8	26	1,940.00	9.00	15.50	20.22	24.60	ava arcillosa con poca arena, color café cla	19.22025	
17+400	DER.	175	331	20	150	130								100	96	89	79	52	26	26	A-7-6	A-7-6 (22)	0	21	79	1,441.00	29.60	3.43	4.60	6.35	Arcilla con arena, color café claro.	19.77099		
17+500	IZQ.	176	333	5	150	145								100	87	76	67	41	27	14</														



Caracterización geológica-geotécnica del tramo I carretera Comején-Waslala (Matagalpa-RAAN)

Localización de Sondeo		Identificación de Muestras		Estratigrafía															NORMA: AASHTO T 90							NORMA: AASHTO T 99				NORMA: AASHTO T 193			Observacion	Contenido de Humedad %
																			Limites de Atterberg											Grado de Compactacion				
				Estación	Banda	Sondeo	Muestra	Desde (m)	Hasta (m)	Espesor (cm)	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10	No. 40	No. 200	L.L	L.P	I.P		Clasificación	Fracciones de la muestra				Densidad máxima	Humedad óptima		
%	%	%	%								%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		
		No.	No.				75	50	37.5	25	19	12.5	9.5	4.75	2	0.425	0.075					NORMA: AASHTO M 145	G	S	F	(kg/m3)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)		
21+600	CEN.	217	408	30	150	120				100	94	87	75	66	42	30	18	14	30	17	13	A-2-6	A-2-6 (0)	58	28	14	1,840.00	14.40	11.80	16.85	20.22	Grava areno arcillosa, color café claro.	16.90377	
21+700	DER.	218	410	40	150	110				100	90	77	65	53	43	30	20	17	28	13	15	A-2-6	A-2-6 (0)	57	26	17	1,840.00	14.40	11.80	16.85	20.22	Grava areno arcillosa, color amarillento.	13.35463	
21+800	IZQ.	219	412	30	150	120									100	96	90	84	45	30	15	A-7-5	A-7-5 (14)	0	16	84	1,376.00	33.10	2.79	3.76	5.06	Arcilla con arena, color anaranjado.	30.52527	
21+900	CEN.	220	414	10	150	140								100	89	82	74	66	52	31	21	A-7-5	A-7-5 (14)	11	23	66	1,376.00	33.10	2.79	3.76	5.06	lila con poca arena y grava, color anaranja	11.16625	
22+000	DER.	221	416	10	150	140					100	96	93	78	76	71	67	67	33	34	A-7-5	A-7-5 (23)	22	11	67	1,376.00	33.10	2.79	3.76	5.06	lila con grava y poca arena, color anaranja	14.37632		
22+100	IZQ.	222	418	40	150	110				100	95	91	90	77	73	69	66	61	39	22	A-7-5	A-7-5 (15)	23	11	66	1,354.00	29.10	4.41	6.35	9.59	lila con grava y poca arena, color anaranja	13.38527		
22+200	CEN.	223	419	0	150	150	100	79	47	35	30	22	18	10	9	8	8	33	20	13	A-2-6	A-2-6 (0)	90	2	8	1,840.00	14.40	11.80	16.85	20.22	ava con poco limon y arena, color café roji	30.21645		
22+300	DER.	224	421	30	150	120									100	96	91	87	65	35	30	A-7-5	A-7-5 (30)	0	13	87	1,354.00	29.10	4.41	6.35	9.59	Arcilla con poca arena, color anaranjado.	28.07339	
22+400	IZQ.	225	423	40	150	110					100	99	98	94	89	85	82	68	31	37	A-7-5	A-7-5 (34)	6	12	82	1,354.00	29.10	4.41	6.35	9.59	lila con poca arena y grava, color anaranja	16.21891		
22+500	CEN.	226	425	40	150	110				100	82	77	72	67	48	40	30	23	33	21	12	A-2-6	A-2-6 (0)	52	25	23	1,840.00	14.40	11.80	16.85	20.22	Grava areno limosa, color amarillento.	44.9162	
22+600	DER.	227	427	10	150	140									100	95	92	91	74	34	40	A-7-5	A-7-5 (44)	0	9	91	1,354.00	29.10	4.41	6.35	9.59	Arcilla con poca arena, color anaranjado.	23.69584	
22+700	IZQ.	228	429	15	150	135									100	92	88	82	50	29	21	A-7-6	A-7-6 (19)	0	18	82	1,376.00	28.60	4.73	6.68	10.24	Arcilla con arena, color anaranjado.	19.54485	
22+800	CEN.	229	431	10	150	140					100	95	92	86	81	73	63	44	29	15	A-7-6	A-7-6 (9)	14	23	63	1,376.00	28.60	4.73	6.68	10.24	Arcilla areno gravosa, color café oscuro.	11.51332		
22+900	DER.	230	433	30	150	120					100	92	82	76	64	48	33	26	30	16	14	A-2-6	A-2-6 (0)	36	38	26	1,840.00	14.40	11.80	16.85	20.22	Arena gravo arcillosa, color amarillento.	8.874879	
23+000	IZQ.	231	435	10	150	140									100	94	85	82	51	28	23	A-7-6	A-7-6 (21)	0	18	82	1,376.00	28.60	4.73	6.68	10.24	Arcilla con arena, color anaranjado.	24.66443	
23+100	CEN.	232	437	10	150	140			100	89	77	65	55	35	29	28	23	40	25	15	A-2-6	A-2-6 (0)	65	12	23	1,840.00	14.40	11.80	16.85	20.22	lila con grava y poca arena, color café oscu	9.273183		
23+200	DER.	233	439	30	150	120									100	88	81	76	45	35	10	A-5	A-5 (9)	0	24	76	1,581.00	16.09	5.06	9.27	13.48	Grava areno limosa, color café claro.	18.44262	
23+300	IZQ.	234	441	30	150	120									100	99	94	91	38	28	10	A-4	A-4 (11)	0	9	91	1,658.00	24.60	4.08	6.03	8.94	Arcilla con poca arena, color café oscuro.	25.72573	
23+400	CEN.	235	443	10	150	140					100	96	93	84	84	84	76	48	30	18	A-7-5	A-7-5 (15)	16	8	76	1,840.00	14.40	11.80	16.85	20.22	lila con grava y poca arena, color café oscu	21.28755		
23+500	DER.	236	445	50	150	100				100	94	83	77	61	49	35	27	30	18	12	A-2-6	A-2-6 (0)	39	34	27	1,840.00	14.40	11.80	16.85	20.22	Grava areno limosa, color amarillento.	11.43208		
23+600	IZQ.	237	447	0	150	150									100	94	93	90	51	29	22	A-7-6	A-7-6 (23)	0	10	90	1,350.00	30.60	2.46	3.11	4.73	Arcilla con poca arena, color café claro.	29.65661	
23+700	CEN.	238	449	5	150	145			100	89	80	69	67	44	43	39	37	27	12	15	A-2-6	A-2-6 (0)	56	7	37	1,840.00	14.40	11.80	16.85	20.22	Grava areno limosa color rojizo.	27.40741		
23+800	DER.	239	451	10	150	140					100	96	92	81	65	59	54	51	44	25	19	A-7-6	A-7-6 (7)	35	14	51	1,350.00	30.60	2.46	3.11	4.73	Arcilla gravosa con arena, color café claro.	47.26027	
23+900	IZQ.	240	453	40	150	110								100	99	90	80	73	47	27	20	A-7-6	A-7-6 (15)	1	26	73	1,350.00	30.60	2.46	3.11	4.73	Arcilla con arena, color anaranjado.	23.63756	
24+000	CEN.	241	455	30	150	120					100	98	97	91	90	89	84	48	27	21	A-7-6	A-7-6 (19)	9	7	84	1,350.00	30.60	2.46	3.11	4.73	lila con poca arena y grava, color café cla	22.72291		
24+100	DER.	242	457	10	150	140					100	92	87	67	60	54	51	44	25	19	A-7-6	A-7-6 (7)	33	16	51	1,469.00	26.40	3.24	4.02	5.38	Arcilla gravo arenosa, color café oscuro.	13.82162		
24+200	IZQ.	243	459	30	150	120				100	93	85	80	64	48	34	27	26	17	9	A-2-4	A-2-4 (0)	36	37	27	1,472.00	27.20	3.11	4.67	5.70	Arena gravo limosa, color café claro.	22.57261		
24+300	CEN.	244	461	30	150	120			100	85	77	75	72	69	51	47	41	38	41	25	16	A-7-6	A-7-6 (2)	49	13	38	1,469.00	26.40	3.24	4.02	5.38	Grava arcillo arenosa, color café oscuro.	11.4082	
24+400	DER.	245	463	10	150	140											100	99	39	22	17	A-6	A-6 (18)			99	1,426.00	29.20	4.41	6.35	8.30	Arcilla, color anaranjado.	23.45679	
24+500	IZQ.	246	465	10	150	140							100	99	92	89	83	78	52	30	22	A-7-5	A-7-5 (19)	8	14	78	1,510.00	26.80	2.79	3.50	4.21	lila con poca arena y grava, color anaranja	18.61553	
24+600	CEN.	247	467	30	150	120						100	90	83	56	51	45	42	40	28	12	A-6	A-6 (2)	44	14	42	1,426.00	29.20	4.41	6.35	8.30	ava limosa con poca arena, color café clar	22.71973	
24+700	DER.	248	469	5	150	145									100	99	98	92	49	25	24	A-7-6	A-7-6 (25)	0	8	92	1,469.00	26.40	3.24	4.02	5.38	Arcilla con poca arena, color café oscuro.	20.33037	
24+800	IZQ.	249	471	30	150	120									100	98	88	75	52	27	25	A-7-6	A-7-6 (19)	0	25	75	1,469.00	26.40	3.24	4.02	5.38	Arcilla con arena, color anaranjado.	25.20548	
24+900	CEN.	250	472	0	150	150			100	90	81	75	67	54	44	37	24	16	26	20	6	A-1-b	A-1-b (0)	56	28	16	1,960.00	11.50	13.48					

Caracterización geológica-geotécnica del tramo I carretera Comején-Waslala (Matagalpa-RAAN)

Localización de Sondeo		Identificación de Muestras		Estratigrafía													NORMA: AASHTO T 90				Clasificación	Fracciones de la muestra			NORMA: AASHTO T 99		NORMA: AASHTO T 193			Observacion	Contenido de Humedad %		
																	Límites de Atterberg								Grado de Compactacion								
				Estación	Banda	Sondeo No.	Muestra No.	Desde (cm)	Hasta (cm)	Espesor (cm)	3"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No. 4	No. 10						No. 40	No. 200	L.L	L.P	I.P			NORMA:	
75	50	37.5	25								19	12.5	9.5	4.75	2	0.425	0.075	%	%		%	AASHTO M 145	G	S	F	(kg/m3)	(%)	(%)	(%)		(%)		
28+600	DER.	287	547	20	150	130								100	97	96	92	27	56	33	23	A-2-7	A-2-7 (2)	3	70	27	1,747.00	11.60	12.47		17.19	23.59	arcillosa con poca grava, color amarillento
28+700	IZQ.	288	549	15	150	135		100	72	62	55	45	32	20	13	8	6	30	17	13	A-2-6	A-2-6 (0)	80	14	6	1,840.00	14.40	11.80	16.85	20.22	ava con poca arena y arcilla, color café da	24.71235618	
28+800	CEN.	289	551	20	150	130					100	99	97	89	88	87	85	54	30	24	A-7-5	A-7-5 (23)	11	4	85	1,285.00	36.00	4.99	5.70	8.30	con poca grava y arena color café con pint	28.19548872	
28+900	DER.	290	553	10	150	140		100	76	69	59	49	40	28	21	13	10	24	17	7	A-2-4	A-2-4 (0)	72	18	10	1,472.00	27.20	3.11	4.67	5.70	ava areno limosa, color café con pintas gr	28.49162011	
29+000	IZQ.	291	555	30	150	120							100	97	96	92	27	56	33	23	A-2-7	A-2-7 (2)	3	70	27	1,747.00	11.60	12.47	17.19	23.59	na arcillosa con poca grava, color café osc	4.016245487	
29+100	CEN.	292	557	20	150	130		100	72	62	55	45	32	20	13	8	6	30	17	13	A-2-6	A-2-6 (0)	80	14	6	1,840.00	14.40	11.80	16.85	20.22	ava con poca arena y limo, color café oscu	32.08852006	
29+200	DER.	293	559	20	150	130							100	98	97	95	27	53	31	22	A-2-7	A-2-7 (1)	2	71	27	2,011.00	8.80	11.12	16.18	27.97	Arena arcillosa, color gris.	27.71285476	
29+300	IZQ.	294	561	30	150	120					100	93	91	81	78	75	73	62	38	24	A-7-5	A-7-5 (20)	19	8	73	1,310.00	36.60	3.69	4.41	5.64	Arcilla con poca grava y arena, color café.	32.50460405	
29+400	CEN.	295	563	50	150	100							100	97	96	93	90	56	30	26	A-7-5	A-7-5 (27)	3	7	90	1,310.00	36.60	3.69	4.41	5.64	on poca arena y grava, color café con pint	18.2441701	
29+500	DER.	296	565	30	150	120			100	88	79	65	51	38	30	24	20	43	30	13	A-2-7	A-2-7 (0)	62	18	20	1,747.00	11.60	12.47	17.19	23.59	va arcillo limosa con arena, color café osc	7.994486561	
29+600	IZQ.	297	567	20	150	130						100	97	69	66	64	62	44	31	13	A-7-5	A-7-5 (13)	31	7	62	1,310.00	36.60	3.69	4.41	5.64	lla gravosa con poca arena, color café osc	26.47943831	
29+700	CEN.	299	570	50	150	100							100	96	95	92	88	41	27	14	A-7-6	A-7-6 (14)	4	8	88	1,303.00	35.40	4.41	5.57	6.35	n poca arena y grava, color gris con pintas	32.20338983	
29+800	DER.	300	572	20	150	130								100	98	98	97	93	58	36	22	A-7-5	A-7-5 (26)	0	7	93	1,310.00	36.60	3.69	4.41	5.64	Arcilla con poca arena, color gris.	34.08134642
29+900	IZQ.	301	574	60	150	90			100	97	96	96	95	66	65	63	61	43	29	14	A-7-6	A-7-6 (14)	34	5	61	1,303.00	35.40	4.41	5.57	6.35	ravosa con poca arena, color café con pint	37.38601824	
30+000	CEN.	501	576	15	150	135							100	93	90	87	85	51	34	17	A-7-5	A-7-5 (18)	7	8	85	1,310.00	36.60	3.69	4.41	5.64	n poca arena y grava, color café con pintas	36.30214205	
30+100	DER.	302	578	50	150	100								100	98	98	97	95	52	32	20	A-7-5	A-7-5 (24)	0	5	95	1,318.00	37.00	4.15	5.25	7.84	Arcilla, color café oscuro.	36.88586546
30+200	IZQ.	303	580	30	150	120								100	99	98	95	57	29	28	A-7-6	A-7-6 (32)	0	5	95	1,327.00	36.90	4.15	5.18	6.61	Arcilla, color marron con pintas amarillas	36.34969325	
30+300	CEN.	304	582	25	150	125								100	97	92	87	57	36	21	A-7-5	A-7-5 (23)	0	13	87	1,318.00	37.00	4.15	5.25	7.84	Arcilla con arena, color café claro.	4.467353952	
30+400	DER.	305	584	5	150	145								100	99	98	96	57	34	23	A-7-5	A-7-5 (28)	0	4	96	1,318.00	37.00	4.15	5.25	7.84	Arcilla, color café claro.	8.789885611	
30+500	IZQ.	306	586	30	150	120								100	98	93	88	43	25	18	A-7-6	A-7-6 (17)	0	12	88	1,327.00	36.90	4.15	5.18	6.61	Arcilla con arena, color café claro.	32.5092707	
30+600	CEN.	307	588	10	150	140								100	98	97	95	63	34	29	A-7-5	A-7-5 (34)	0	5	95	1,318.00	37.00	4.15	5.25	7.84	Arcilla, color marron.	13.48189415	
30+700	DER.	308	590		5	150								100	98	96	94	55	34	21	A-7-5	A-7-5 (25)	0	6	94	1,318.00	37.00	4.15	5.25	7.84	Arcilla con poca arena, color marron.	28.3345893	
30+800	IZQ.	309	592	10	150	140								100	99	98	97	59	43	16	A-7-5	A-7-5 (23)	0	3	97	1,318.00	37.00	4.15	5.25	7.84	Arcilla, color café claro.	38.27037773	
30+900	CEN.	310	593	0	150	150	100	81	56	46	39	27	23	16	12	8	5	23	15	8	A-2-4	A-2-4 (0)	84	11	5	1,472.00	27.20	3.11	4.67	5.70	Grava con poca arena y limo, color gris.	38.06451613	
31+000	DER.	311	595	5	150	145								100	100	99	98	48	35	13	A-7-5	A-7-5 (18)	0	2	98	1,310.00	36.60	3.69	4.41	5.64	Arcilla, color café claro.	24.63768116	
31+100	IZQ.	312	597	5	150	10								100	99	98	96	54	36	18	A-7-5	A-7-5 (23)	0	4	96	1,318.00	37.00	4.15	5.25	7.84	Arcilla con poca arena, color café oscuro.	24.63768116	
31+200	CEN.	313	599	25	150	125								100	99	96	93	48	29	19	A-7-6	A-7-6 (21)	0	7	93	1,327.00	36.90	4.15	5.18	6.61	Arcilla con poca arena, color café oscuro.	28.3345893	
31+300	DER.	314	602	60	150	90			100	95	90	85	83	75	73	69	66	60	36	24	A-7-5	A-7-5 (16)	25	9	66	1,318.00	37.00	4.15	5.25	7.84	Arcilla gravo arenosa, color café claro.	24.63768116	